

MANUAL INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL



Carlos M. Domínguez Cristóbal

*USDA Forest Service
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical*



En la portada: Ceremonia de dedicación del Bosque Urbano Intramural “Frank H. Wadsworth” de la Escuela Intermedia Rafael Martínez Nadal del Distrito Escolar de Guaynabo. En primer plano, de izquierda a derecha: Dr. Rafael Aragunde, Secretario del Departamento de Educación de Puerto Rico; Magda López, Profesora de matemáticas de la Escuela Intermedia Rafael Martínez Nadal; Dr. Frank H. Wadsworth, ex Director del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (retirado) y Ángel Martínez, Director de la Escuela Intermedia Rafael Martínez Nadal. Al fondo: Grupo de estudiantes de la profesora López miembros del Club 4H. Foto tomada el 22 mayo 2007. Cortesía Magda López.

MANUAL INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Historiador Forestal
Coordinador del Programa de Educación sobre la Conservación
Programa de Bosques Estatales y Privados
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical

Una publicación del Servicio Forestal del
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
Río Piedras, Puerto Rico
2011



DEDICATORIA

A todos aquellos hombres y mujeres que nos han antecedido en el estudio y enseñanza de los bosques de Puerto Rico; a todos aquellos que hoy día laboran en pro del ambiente boricua; a todos aquellos que en un futuro inmediato asumirán las riendas a favor de una mejor calidad de vida del pueblo puertorriqueño; a todas esas manos, a todas esas buenas voluntades que al unir sus fuerzas hacen la gran diferencia ya que de ahí emana la fortaleza de nuestro pueblo y por consiguiente la de nuestros bosques.

AGRADECIMIENTOS

En la ardua, pero fructífera, tarea para la realización de este Manual Interdisciplinario de Investigación Forestal han intervenido de una forma u otra más de un centenar de empleados del hoy Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT). Durante mi trayectoria por casi tres décadas como empleado de esta institución científica siempre había escuchado sobre la necesidad de un manual de investigación. Nunca pensé que esa labor esperaba por mí máxime cuando comencé a trabajar con estudiantes de varias escuelas superiores de Puerto Rico. En ese momento reconocí la carencia del mismo.

Primero que nada, expreso mi agradecimiento a la Naturaleza, en especial a sus bosques ya que de ellos emana la fortaleza que he requerido para seguir adelante. Al IIDT por haberme ofrecido la oportunidad de laborar en este proyecto de tanta envergadura. Por consiguiente, al Dr. Ariel E. Lugo, su Director, por confiar en este jíbaro cafetalero de la zona de Ciales. Gracias, por ofrecerme el apoyo, para contribuir de alguna manera a su sueño todavía inconcluso, o sea, de que cada escuela de este país cuente con un bosque aledaño para de esa forma extender la experiencia educativa forestal e interdisciplinaria hacia la comunidad.

A los compañeros de trabajo que pertenecieron al Senior Citizens Special Emphasis Program (SCSEP) en nuestra institución. A todos ellos pero muy en especial a Don Pedro Colón, Don Lázaro Acevedo, Don Joviliano Torres, Don Mario Rodríguez, Doña María De León, Doña Ernestina Cruz, Don Francisco Chávez...A ellos porque sin saberlo, quizás, fueron moldeando mi carácter y mi personalidad para la realización de este manual. Ese amor por el bosque y por esta institución científica fue por ellos demostrado cada día con sus consejos y en el trayecto de esa milla extra que todos debemos de ofrendar.

A los científicos de las ciencias forestales con los cuales he compartido labores de campo, talleres, conferencias y otras actividades diversas. Entre ellos figura la Dra. Elvira Cuevas, Dr. Peter Weaver, Dr. Frank H. Wadsworth, Dr. Ernesto Medina, Dr. Jorge Frangi, Dra. Tamara Heartsill y la Sra. Bárbara Cintrón.

A mis compañeros técnicos forestales Alberto Rodríguez, Carlos Rivera y Felipe Torres Pollock. A esos tres titanes con los cuales aprendí a dar mis primeros pasos en las ciencias forestales, en especial en los trabajos de campo.

A todos aquellos que en la actualidad y época reciente me han motivado a continuar adelante en la tarea forestal, educativa e interdisciplinaria de este manual. A todos pero muy en especial a Gisel Reyes Colón, Jorge Morales, Evelyn Pagán, Julie Hernández, Mary Jean Sánchez, Lia Sánchez, Edwin López, María Rivera, María del Carmen Marrero, Yolanda Padilla, Mildred Alayón, Janet Rivera, José González, Miriam Salgado, Carlos Estrada, Carlos Torrén, Aixa Mojica, Magaly Figueroa, Carlos Rodríguez, Blanca Díaz, Nicole Balloffet, Samuel Moya, Rosa Ávila, Juan Díaz, Iván Vicéns, Delia Gómez, Víctor Cuevas, Luis Rivera, Aurea Moragón y José Baltar.

Especial reconocimiento a mi supervisora, Connie Carpenter, por hacer de este proyecto una realidad así como a mi primera supervisora del Programa de Bosques Estatales y Privados del IIDT, Robin Morgan.

A los profesores Elsa Torres Morales, Awilda Santos, Elliot López Machado, Clara Abad Bonilla, Hilca Nieves Carrasquillo, Aurea Berríos Sáez, Noemí Méndez Irizarry, Magda López y Mabel Calderón por haber compartido junto a mí los sinsabores y las alegrías de este gran trayecto, en especial, el trabajo de campo.

A los empleados del Archivo General de Puerto Rico, el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, al Registro de la Propiedad (Manatí, Utuado y Barranquitas), al Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico (Instituto para Estudios de Ecosistemas Tropicales de la Facultad de Ciencias Naturales y a la Biblioteca José M. Lázaro-Colección Puertorriqueña) por su constante apoyo en la búsqueda de tantos datos interdisciplinarios de este proyecto.

A Casa Pueblo (Adjuntas), a la Reserva Natural y Mariposario Las Limas (Guayama) y al Comité Pro Declaración de la Reserva Natural Dos Bocas (Barranquitas/Comerío) por su desinteresado apoyo incondicional.

Al Dr. Domingo Pagán (Barranquitas), familia Báez Sánchez (Utuado), familia Ortega Cosme (Naranjito), familia Avilés (Florida), a los directores de la Escuela Intermedia Urbana Rafael Martínez Nadal de Guaynabo y a la Segunda Unidad Ramón Alejandro Ayala del barrio Palomas de Comerío por permitirnos el uso de sus fincas privadas o predios escolares para la realización de las labores de campo que hoy son parte integrante de este manual.

A todos Ustedes, así como también a cada lector que en este momento desea implementar o compartir lo que este manual posee. Por tal motivo les deseo el mayor de los éxitos y porque sé que aquellos que al recibir el pase de batón de este manual podrán realizar una labor más fructífera que la que este jíbaro de la altura cafetalera de Ciales ha podido realizar.

11 febrero 2010.

Río Piedras, Puerto Rico.

PREÁMBULO

“El medioambiente tiene una importancia especial para los jóvenes. Su vida, extendida en perspectiva, contempla mejorar la calidad del medioambiente que ellos van a vivir. Para producir futuros ciudadanos responsables en cuanto a conservar el medioambiente, es imprescindible que los jóvenes reciban educación ambiental muy temprano en su vida...”

La educación ambiental debe llamar la atención a cada una de las muchas bondades de la naturaleza que nos hace posible y placentera la vida...La curiosidad de los jóvenes no se satisface solamente con información de lo que son las cosas, por qué y para qué sirven...Por correcta y completa que sean las contestaciones que reciben los jóvenes, ésto en sí no es suficiente. Es necesario que ellos vean, toquen y aprecien su medioambiente a través de contactos directos con la naturaleza...Ellos deben conocer el campo bien temprano, mientras la curiosidad de explorar y el afán de participar personalmente en actividades físicas, todavía sea una disposición natural en ellos...La educación ambiental debe integrarse en todos los niveles escolares en asignaturas como estudios sociales, que son obligatorias para todo el estudiantado, y no solo los que toman especialidades como la ciencia.”

Frank H. Wadsworth. 1992. “Unos componentes de la educación ambiental” Acta Científica 6(1-3):151-153.

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Preámbulo.....	i
Tabla de contenido.....	ii
Índice de fotos.....	v
Índice de tablas.....	x
Índice de ilustraciones.....	xii
Índice de gráficas.....	xiii
Prólogo.....	xiv
Introducción.....	1

I. CONTEXTO

Panorama histórico de la botánica.....	12
Las raíces.....	18
Rol en la fertilidad del suelo.....	19
Rol en la calidad física del suelo.....	20
Rol como reserva de agua del suelo.....	21
Rol en la vida del suelo.....	21
Estructuras de absorción especializadas.....	22
El tronco.....	23
Las ramas.....	28
Las hojas.....	29
Las flores.....	40
De la flor a la semilla y al fruto.....	50
Los frutos.....	50
Los nutrientes en las plantas.....	53
Nombres científicos.....	56
Nombres vulgares.....	59
Especies arbóreas exóticas/introducidas.....	63

Árboles nativos.....	66
Árboles endémicos.....	66
Los beneficios de los árboles.....	68
Árboles municipales oficiales de Puerto Rico	69

II. AREA DE ESTUDIO

Selección del lugar de investigación.....	72
Representatividad.....	72
Accesibilidad.....	73
Seguridad.....	74
Dimensión.....	76
Sistema de Posicionamiento Global (SPS).....	77

III. MEDIDAS DE CAMPO

Diámetro.....	79
Altura.....	84
Sotobosque.....	88
Caída de hojarasca (Litterfall).....	90
Hojarasca acumulada (Looselitter).....	99
Biomasa.....	103
Descomposición de la madera.....	105
Distribución de caracoles.....	108

IV. ANÁLISIS

Sistema de Información Geográfica (SIG).....	111
Las libretas de campo.....	112
Análisis de los datos de campo.....	114
Área de investigación.....	116
Crecimiento en diámetro.....	116
Crecimiento en altura.....	117
Área basal de un árbol.....	119

Área basal de una parcela.....	120
Área basal de una especie.....	121
Área basal relativa de una especie.....	122
Densidad de árboles de una parcela o lugar de investigación.....	122
Densidad de árboles de una especie.....	123
Densidad relativa de una especie arbórea.....	123
Valor de importancia de la especie.....	124
Índice de diversidad.....	125
 V. LOS SUELOS	
Definición y Clasificación.....	127
Características de los suelos.....	128
Textura.....	128
Capas u horizontes.....	131
Profundidad.....	132
pH.....	133
Salinidad.....	134
Densidad aparente del Suelo.....	135
Almacenaje de nutrientes en el suelo.....	139
Causas de la degradación de los suelos.....	140
Materia orgánica (humus).....	141
 BIBLIOGRAFÍA.....	 143

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 Bosque de palma de sierra (<i>Prestoea montana</i>) en La Torrecilla, Barranquitas. Curso escolar 2008-2009. C. Abad Bonilla	1
Foto 2 Estudiantes de la Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera de Utuado que laboraron en el Simposio de Investigación Forestal en el Colegio Regional de la Montaña (CORMO), UPR (12 mayo 1997). N. Méndez Irizarry	2
Foto 3 Encuentro de estudiantes de las escuelas vocacionales Luis Muñoz Rivera (Utuado) y Pablo Colón Berdecía (Barranquitas) en La Torrecilla (2 marzo 1996). N. Méndez Irizarry	3
Foto 4 Distribución del equipo de investigación forestal en IIDT (24 agosto 2001). Diálogo UPR	3
Foto 5 Estudiantes de la Escuela Superior de Florida reciben orientación sobre el proyecto de investigación (septiembre 2008). E. López Machado	4
Foto 6 Bosque secundario aledaño a la Escuela Superior de Naranjito, Francisco Morales (noviembre 2006). A. Berríos Sáez	5
Foto 7 Estudiantes de la Escuela Superior de Naranjito, Francisco Morales efectuando varios análisis en una quebrada aledaña al área de investigación (noviembre 2006). A. Berríos Sáez	6
Foto 8 Bosque urbano intramural de la Escuela Intermedia Urbana Rafael Martínez Nadal de Guaynabo. Curso escolar 2006-2007. M. López	6
Foto 9 Dedicación del bosque urbano intramural de la Escuela Intermedia Urbana Rafael Martínez Nadal de Guaynabo (22 mayo 2007). M. López	7
Foto 10 Cañón Las Bocas (Barranquitas/Comerío) 2008. C. Collazo Berríos	8
Foto 11 Estudiantes de la Segunda Unidad Ramón Alejandro Ayala de Comerío efectuando medidas forestales en un bosque secundario en el Cañón Las Bocas. (6 octubre 2008). C. Collazo Berríos	9
Foto 12 Taller de investigación forestal en El Verde, El Yunque National Forest (noviembre 2007). LTER High School Program	10
Foto 13 Estudiantes del proyecto de investigación forestal interdisciplinario de la Escuela Superior Vocacional Pablo Colón Berdecía. Curso escolar 2007-2008. E. Cruz	11
Foto 14 Carl von Linné www.fcen.uba.ar	14

Foto 15 <i>Mimosa pudica</i> www.biodiverciudad.org	15
Foto 16 Alexander von Humbolt www.commonswikipedia.org	16
Foto 17 Augustin Pyrame de Candolle www.ru.wikipedia.org	17
Foto 18 Sistema de raíces de la palma de sierra (<i>Prestoea montana</i>) www.cas.vanderbilt.edu	18
Foto19 Raíces aéreas del jagüey blanco (<i>Ficus laevigata</i>) www.images.nbii.gov	19
Foto 20 Micorrizas www.ilpoteredellafoglia	22
Foto 21 Nódulos de la raíz www.ilpoteredellasimbiosi	22
Foto 22 Tronco de almácigo (<i>Bursera simaruba</i>) www.acguanacaste.ac.cr	24
Foto 23 Tronco de pino australiano (<i>Casuarina equisetifolia</i>) www.tree-species	26
Foto 24 Tronco de caucho (<i>Castilla elastica</i>) www.en.wikipedia.org	26
Foto 25 Tronco de guayaba (<i>Psidium guajava</i>) www.tree-species	26
Foto 26 Tronco con anillos horizontales del yagrumo hembra (<i>Cecropia schreberiana</i>) www.palabraria.blogspot.com	27
Foto 27 Tronco joven de un árbol de ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>) www.mexicauprising.net	28
Foto 28 Hoja simple de achiotillo (<i>Alchornea latifolia</i>) www.cybertruffle.org.uk	29
Foto 29 Árbol caducifolio de ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>) www.ceiba.org	30
Foto 30 Hoja circular de la uva de playa (<i>Coccoloba uvifera</i>) www.flickr.com	31
Foto 31 Hoja obovada de almendra (<i>Terminalia catappa</i>) www.nybg.org	31
Foto 32 Hoja lobulada de anacagueta (<i>Sterculia apetala</i>) www.anthrome.wordpress.com	32
Foto 33 Hoja acicular de pino australiano (<i>Casuarina equisetifolia</i>) www.sevilla.org	33

Foto 34 Hoja acorazonada de la emajagua (<i>Hibiscus tiliaceus</i>) www.peakoil.au	33
Foto 35 Hoja compuesta paripinadas de la acacia amarilla (<i>Albizia lebbbeck</i>) www.duke.edu	34
Foto 36 Hoja compuesta y digitada del yagrumo macho (<i>Didymopanax morototoni</i>) www.cybertruffle.org.uk	35
Foto 37 Hoja compuesta con bordes aserrados del roble amarillo (<i>Tecoma stans</i>) www.deser-tropicals.com	36
Foto 38 Hoja compuesta con bordes dentados de caracolillo (<i>Homalium racemosum</i>) www.fm2.fielmuseum.org	36
Foto 39 Hojuelas alternas de la hoja de palo blanco (<i>Casearia arborea</i>) www.biogeodb.stri.si.edu	38
Foto 40 Hojas opuestas del mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>) www.backyardnature.net	38
Foto 41 Hojas verticiladas del higüero (<i>Crescentia cujete</i>) www.web.viu.ca	39
Foto 42 Venación paralelinervia del bambú (<i>Bambusa vulgaris</i>) www.jardins-interieurs.com	39
Foto 43 Venación parinervia de la guanábana (<i>Annona muricata</i>) www.tropilab.com	40
Foto 44 Venación palmeada de la hoja compuesta de la ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>) www.cybertruffle.org.uk	40
Foto 45 Flor blanca del café (<i>Coffea arabica</i>) www.exogarden.nl	42
Foto 46 Flores del flamboyán amarillo (<i>Peltophorum pterocarpum</i>) www.rosagranean	42
Foto 47 Flores amarillo verdoso del aguacate (<i>Persea americana</i>) www.commonswikipedia.org	43
Foto 48 Flor roja anaranjada del flamboyán rojo (<i>Delonix regia</i>) www.ethnoplants.com	43
Foto 49 Flor solitaria de la maga (<i>Thespesia grandiflora</i>) www.theflowerexpert.com	44

Foto 50 Flores numerosas de color rosado a púrpura de la moca (<i>Andira inermis</i>) www.metafro.be .	44
Foto 51 Flor tipo espiga de la bayahonda (<i>Prosopis pallida</i>) www.hear.org	46
Foto 52 Flor tipo umbela del guayacán (<i>Guaiacum officinale</i>) www.globalherbalsupplies	47
Foto 53 Flor tipo corimbo de la pomarrosa (<i>Syzygium jambos</i>) www.caribfruits.cirad.fr	47
Foto 54 Flor tipo panícula del almácigo (<i>Bursera simaruba</i>) www.freundfloweringtrees.com	48
Foto 55 Flor tipo cabezuela del aroma (<i>Acacia farnesiana</i>) www.alhadeeqa.com	49
Foto 56 Flor tipo cima del mago (<i>Hernandia sonora</i>) www.wikipedia.org	49
Foto 57 Frutos de la palma de cocos (<i>Cocos nucifera</i>) www.commonswikipedia.org	51
Foto 58 Fruto y semillas del tulipán africano/meaíto (<i>Spathodea campanulata</i>) www.flickr.com	51
Foto 59 Fruto carnoso de la guanábana (<i>Annona muricata</i>) www.solostocks.com	52
Foto 60 Frutos del mango (<i>Mangifera indica</i>) www.infonet-biovision.org	52
Foto 61 Roy Stone www.fhwa.dot.gov	57
Foto 62 Dr. Agustín Stahl www.botany.si.edu	58
Foto 63 Arbusto de achiote (<i>Bixa orellana</i>) www.b-and-t-world-seeds.com	62
Foto 64 Bosque de palo de pollo (<i>Pterocarpus officinalis</i>) en el barrio Pollos de Patillas www.cavehill.uwi.edu	63
Foto 65 Limón agrio (<i>Citrus aurantifolia</i>) www.home-and-garden	64
Foto 66 Palma de cocos (<i>Cocos nucifera</i>) www.hear.org	64
Foto 67 Almendra (<i>Terminalia catappa</i>) www.nybg.com	65

Foto 68 Panapén (<i>Artocarpus altilis</i>) www.foroantiguo	66
Foto 69 Palma de lluvia (<i>Guassia attenuata</i>) www.kingsnake.com	67
Foto 70 Equipo básico de primeros auxilios www.microaviationsa.co.za	74
Foto 71 Modelo de chaleco de uso personal para el campo www.landmarkforestryllc.com	75
Foto 72 Cinta para medir dbh www.uwsp.edu .	79
Foto 73 Medida de dbh (32.8 cm) www.nrri.umn.edu	82
Foto 74 Árbol con etiqueta de metal con el número 1352 www.sundial.csun.edu	83
Foto 75 Sistema de regla para medir altura www.cnt.vt.edu	85
Foto 76 Vara telescópica de medir altura www.donaul.com	85
Foto 77 Altímetro Blume-Leiss www.commonswikipedia.org	87
Foto 78 Sotobosque www.coaxxalapa.org	88
Foto 79 Canasta plástica prefabricada www.faculty.geog.utoronto-jpg	91
Foto 80 Concha de caracol www.uy.kalipedia.com .	109
Foto 81 Suelo arcilloso www.redes-cepalcala.org .	129
Foto 82 Suelo arenoso www.miportal.edu.sv .	130
Foto 83 Suelo limoso www.guia.mercadolibre.com.ar .	131
Foto 84 Horizontes del suelo www.proyectosalohogar.com	132
Foto 85 Judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>) www.commonswikipedia.org .	135
Foto 86 Barreno para suelos www.lowinpactliving.com .	136
Foto 87 Determinando profundidad de la muestra de suelo www.prescriptionsoilanaly .	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nutrientes minerales y no minerales de las plantas	55
Tabla 2 Síntomas de deficiencias de nutrientes en las plantas	56
Tabla 3 Modelo para reportar los pesos secos en un proyecto de caída de hojarasca	94
Tabla 4 Modelo de reporte de los pesos secos de la primera recolección de caída de hojarasca en el Bosque Estatal de Cambalache	95
Tabla 5 Modelo para el inventario de las muestras de caída de hojarasca para fines de análisis químico de laboratorio	96
Tabla 6 Modelo de reporte de análisis químico de la caída de hojarasca en el Bosque Estatal de Cambalache	97
Tabla 7 Modelo para reportar pesos secos en un proyecto de hojarasca acumulada	102
Tabla 8 Modelo de reporte para pesos frescos y secos en un estudio de descomposición de hojas de moca en el Bosque Estatal de Cambalache	107
Tabla 9 Modelo de reporte de un estudio de distribución de caracoles en el Bosque Estatal de Cambalache	111
Tabla 10 Datos iniciales de identificación y crecimiento en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)	114
Tabla 11 Data segunda de identificación y crecimiento en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2004)	115
Tabla 12 Relación de crecimiento entre el diámetro y altura en el Bosque Estatal de Cambalache	118
Tabla 13 Área basal de cada árbol en una zona de investigación en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)	120
Tabla 14 Área basal de cada especie en una zona de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)	121
Tabla 15 Densidad de los árboles/especies y densidad relativa por especie en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)	123

Tabla 16 Valor de importancia de las especies arbóreas en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)	124
Tabla 17 Número de individuos en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2004)	125
Tabla 18 Índice de diversidad de un área de investigación en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2004)	126
Tabla 19 Clasificación de las partículas de suelo a base de su tamaño en diámetro según USDA	128
Tabla 20 Relación entre el tipo de suelo y el pH	133
Tabla 21 Densidad aparente del suelo en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache	138

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilust. 1 Raíz axonomorfa www.asturnatura.com	19
Ilust. 2 Raíz fasciculada www.rincondelvago.com	19
Ilust. 3 Partes del tronco www.infojardin.com	24
Ilust. 4 Hoja elíptica del mamey www.key.org	32
Ilust. 5 Hoja compuesta pinada del tamarindo www.rizkytrondol.wordpress.com	34
Ilust. 6 Hoja compuesta bipinada de albizia www.dravyagunatvpm.wordpress.com	34
Ilust. 7 Hoja de pecíolo largo de yagrumo hembra www.fireflyforest.net	37
Ilust. 8 Hoja con alas anchas a ambos lados del pecíolo de la china/naranjadulce www.mtplantas.com	37
Ilust. 9 Partes de la flor www.cuadrilladeanana.es	41
Ilust. 10 Esquema general de flor con inflorescencia tipo espiga www.plantasvasculares.uns.edu.ar	45
Ilust. 11 Esquema general de flor con inflorescencia tipo umbela www.es.wikipedia.org	46
Ilust. 12 Esquema general de flor con inflorescencia tipo corimbo www.asturnatura.com	47
Ilust. 13 Esquema general de flor con inflorescencia tipo panícula www.elmundoforestal.com	48
Ilust. 14 Escudo municipal de Comerío www.proyectosalohogar.com	70
Ilust. 15 Escudo municipal de Corozal www.proyectosalohogar.com	71
Ilust. 16 Dimensiones de un área de investigación de 2500 m ²	76
Ilust. 17 Sistema de Satélites del SPG www.concurso.cnice.mec.es	78
Ilust. 18 DBH en llano con árbol sin inclinación www.eman-rese.ca	80
Ilust. 19 DBH en llano con árbol inclinado www.eman-rese.ca	80

Ilust. 20 DBH con árboles en pendientes www.eman-rese.ca	80
Ilust. 21 DBH en llano con árbol de tallo bifurcado www.eman-rese.ca	81
Ilust. 22 DBH para árbol de ceiba www.emam-rese.ca	81
Ilust. 23 DBH para árbol de yagrumo www.eman-rese.ca	81
Ilust. 24 Determinación de la altura de los árboles mediante el uso del altímetro dependiendo del declive del terreno www.jp mole.dtiblog.com	87
Ilust. 25 Ubicación de lugares para efectuar estudios de hojarasca acumulada en un área de investigación modelo de 625 m ²	101
Ilust. 26 Integración de capas temáticas del SIG www.commonswikipedia.org	112
Ilust. 27 Horizonte de suelo www.proyectosalohogar.com	132

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Descomposición de hojas de moca en el Bosque Estatal de Cambalache (2008)	107
--	-----

PRÓLOGO

El título de este manual, me llamó la atención desde el primer momento en que lo vi. Me pregunté en qué consistía el aspecto interdisciplinario y como se presentaría en el manual. Al terminar de leerlo la contestación es obvia a pesar de que el autor en ningún momento considera el tema de la interdisciplinidad. El aspecto interdisciplinario surge espontáneamente del material y narrativa de este manual de investigación forestal. Por un lado, los métodos presentados requieren de la aplicación de conceptos de botánica, sistemática, zoología, ecología, matemáticas, química, ciencias sociales y otros. Pero más interesante aún, este manual contiene una dosis fuerte de historia y toponimias que lo convierten en una obra innovativa y distinta a ningún otro manual que yo haya visto en mi carrera. Es en este aspecto que lo interdisciplinario del manual adquiere un nivel nunca antes visto.

El autor de este manual, Carlos Manuel Domínguez Cristóbal, es un insigne historiador, reconocido como la máxima autoridad en el campo de la historia forestal de Puerto Rico. Sin embargo, el historiador tiene mucha experiencia estudiando a fondo y desde adentro, o sea en el campo, los bosques de Puerto Rico. Toda la metodología que presenta y describe este manual le es muy familiar al autor, porque desde principios de la década del 1980, él ha estado practicando y elaborando los métodos para estudiar a largo plazo los bosques tropicales. Durante ese tiempo, Carlos también ha entrenado decenas de estudiantes y técnicos forestales en la aplicación de éstos y otros métodos de investigación forestal. Su extensa experiencia y éxito le ha permitido desarrollar la metodología pedagógica y metáforas (como el número social de los árboles y las canastas de hojarasca) que utiliza para enriquecer la educación de los estudiantes de las escuelas públicas de Puerto Rico. Por lo anterior, este manual contiene una rica narrativa que pone en contexto histórico y técnico las medidas que se describen pero más importante aún, una narrativa que demuestra sabiduría y entendimiento para asegurar la calidad de los datos que se coleccionan y la seguridad de los que toman los datos.

El manual contiene información histórica sobre el campo de la botánica y pone en contexto histórico la selección de los sitios de investigación y algunos aspectos de los métodos sugeridos. Se incluye también información básica sobre la botánica y las técnicas modernas de posicionamiento y análisis de los espacios geográficos. Toda esta información sirve de base para que el estudiante pueda entender con más claridad el porqué y como de las medidas sobre la estructura, funcionamiento, suelos y composición de especies de los bosques. Estas medidas comprenden la mayor parte del manual. La información sobre estas medidas incluye el cómo recopilar la data y como analizarla. El maestro luego debe ayudar a los estudiantes en la interpretación de los resultados y los análisis que se hagan y estimular a que los trabajos se publiquen en Acta Científica, la revista oficial de la Asociación de Maestros de Ciencias de Puerto Rico. No hay duda que este manual va a cumplir los objetivos que llevaron a Carlos Domínguez Cristóbal a escribirlo. Este manual debe servirle a futuras generaciones de maestros y estudiantes de ciencias a establecer áreas de estudio ecológico a largo plazo cerca de sus escuelas. Si siguen las recomendaciones y precauciones del manual, el trabajo que conduzcan se llevará a cabo seguramente y resultará en datos confiables y noveles sobre los bosques de Puerto Rico. Carlos Manuel Domínguez Cristóbal se pinta como “un jíbaro de la altura cafetalera de Ciales”, lo cual demuestra una vez más el gran talento, astucia y capacidad innovadora del jíbaro puertorriqueño.

Ariel E. Lugo
Director
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
11 de abril 2010.

INTRODUCCIÓN

Durante la década del 1980, el Dr. Ariel E. Lugo, Director del hoy IIDT comenzó a hacer realidad un sueño que había estado palpando en el interior de su pensamiento de científico y educador: el que cada escuela en Puerto Rico estableciera un área de investigación forestal de naturaleza interdisciplinaria. Ante esa perspectiva emerge, Elsa Torres Morales, una de sus estudiantes del curso de Ecología de Puerto Rico, el cual se ofrecía a estudiantes graduados del programa de biología del Recinto de Río Piedras de la UPR. Unas semanas después, ésta efectuó las gestiones iniciales para el establecimiento y desarrollo de un área de investigación forestal para su escuela en un bosque secundario ubicado en La Torrecilla en Barranquitas. Dicho bosque se ubica en la propiedad del Dr. Domingo Pagán siendo la especie dominante la palma de sierra (*Prestoea montana*). La finca fue abandonada agrícolamente hace alrededor de unos sesenta años pero constituía ya desde el siglo XIX un lugar de interés botánico.



Foto 1 Bosque de palma de sierra (*Prestoea montana*) en La Torrecilla, (Barranquitas). Curso escolar 2008-2009. Cortesía de Clara Abad Bonilla.

Desde el salón de clases de la profesora Elsa Torres Morales, el cual se ubicaba en la Escuela Superior Vocacional Pablo Colón Berdecía del Distrito Escolar de Barranquitas, se escenificaba la génesis de un programa piloto de las ciencias forestales de naturaleza interdisciplinaria. Ante el éxito que esta escuela fue experimentando, el primer aliado lo constituyó la Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera del Distrito Escolar de Utuado. La inspiración de los estudiantes de esa escuela lo constituía la profesora Noemí Méndez Irizarry. Al cabo de unos meses Méndez Irizarry se convirtió en la promotora de la idea de los simposios anuales de investigación forestal y de que se efectuare un encuentro entre los estudiantes de su escuela con los de la Escuela Superior Pablo Colón Berdecía de Barranquitas. Para esa época dichos estudiantes ya eran liderados por la profesora Clara Abad. En este caso en particular, el escenario, el laboratorio de investigación lo representaba un cafetal abandonado por más de unos 50 años el cual es parte integrante de una finca propiedad de la familia Báez Sánchez. Su

localización, aledaño a los márgenes del río Caguanita en el sector Jácanas del barrio Caguana de Utuado es un claro ejemplo del urbanismo que paso a paso se va agigantando en la ruralía del país.



Foto 2 Estudiantes de la Escuela Superior Vocacional de Utuado, Luis Muñoz Rivera, que laboraron en el Simposio de Investigación Forestal en la UPR (Colegio Regional de la Montaña-Utuado) 12 mayo 1997. Cortesía de Noemí Méndez Irizarry.

Para ambas escuelas descritas, el acceso al lugar de investigación requería de un medio de transportación ya que la distancia que media desde el salón de clases a las áreas de estudio requiere de un lapso de tiempo de alrededor de unos treinta minutos en condiciones normales. Por otro lado, diversas adversidades para el desarrollo de la investigación fueron aflorando en la medida de que el tiempo iba transcurriendo.

El desarrollo de los simposios anuales sobre la temática de la ecología isleña que auspiciaba el Recinto Metropolitano de la Universidad Interamericana al cual estaba integrado el IIDT se convirtió desde sus inicios en un enlace para con los proyectos de investigación forestal de varias escuelas superiores del país. Dentro de esa perspectiva, se ubicaba la Escuela Superior Juan Ponce de León del Distrito Escolar de Florida. De ese contacto, el profesor Elliot López Machado y sus estudiantes iniciaron en 1999 la génesis de un proyecto multidisciplinario concentrándose en el estudio de la vegetación de un mogote de una finca privada del sector La Vásquez del pueblo de Florida. De hecho, en el simposio antes descrito, ya había incursionado con anterioridad a Florida la Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera del Distrito Escolar de Utuado. Ante esa perspectiva, López Machado, procedió a la organización en su escuela del Primer Simposio de Educación Ambiental del 27-28 de abril de 2005. Una vez más el Centro de Investigación Ambiental así como su periódico Arcabuco ofrecían sus mayores galas.



Foto 3 Encuentro de estudiantes de las escuelas vocacionales Luis Muñoz Rivera de Utuado y Pablo Colón Berdecía de Barranquitas en La Torrecilla. 2 marzo 1996.
Cortesía de Noemí Méndez Irizarry.



Foto 4 Distribución del equipo de investigación forestal en el IIDT para las escuelas pioneras Luis Muñoz Rivera (Utuado), Pablo Colón Berdecía (Barranquitas), Francisco Morales (Naranjito), Juan Ponce de León (Florida) y Luz América Calderón (Carolina IV). 24 agosto 2001.
Cortesía Periódico Diálogo (UPR).

La distribución del equipo de investigación forestal que se efectuó en el IIDT el 24 de agosto de 2001 contribuyó en gran medida a la integración de los profesores que participaron de esa actividad. No obstante, el fallecimiento de la profesora Gladys Maeso Ristorucci de la Escuela Superior Luz América Calderón (Carolina IV) constituyó una

baja muy significativa para el desarrollo del proyecto de investigación que se escenificaba en los predios aledaños al Museo del Niño.



Foto 5 Estudiantes del profesor Elliot López Machado de la Escuela Superior Juan Ponce de León de Florida recibiendo una orientación sobre el proyecto de investigación por un empleado del IIDT en la zona del carso en el sector La Vásquez, Florida, Puerto Rico. Septiembre 2008. Cortesía de Elliot López Machado.

La inherencia como profesor universitario del Dr. Ariel E. Lugo en el Recinto de Río Piedras de la UPR propició el que su anhelado sueño comenzara a hacerse realidad en el Distrito Escolar de Naranjito. En esa ocasión, la Escuela Superior Francisco Morales, a través de las profesoras Áurea Berríos Sáez e Hilka Nieves Carrasquillo se unieron al proyecto de investigación forestal. El área de estudio resultó en un bosque secundario aledaño al plantel escolar en donde la especie dominante lo es el tulipán africano (*Spathodea campanulata*). Ante ese nuevo escenario, o sea, una especie introducida y clasificada como invasiva se diversificaba la naturaleza de las áreas de investigación. Durante la trayectoria de la investigación forestal e interdisciplinaria que se ha efectuado en esta escuela siempre hemos recibido el apoyo de la familia Ortega Cosme, los propietarios de la finca en la cual se realiza nuestro proyecto. De ese contacto emerge a través de ellos un caudal de información sobre las diversas actividades que se desarrollaron en la finca y zonas aledañas. Dentro de esa perspectiva, aflora, entre otra información la relativa a los usos agrícolas de la tierra de esos lares. No obstante, esa no es una particularidad intrínseca del lugar. Ese mismo caudal de información emerge en Caguana de Utuado con la familia Báez Sánchez así como con la familia Pagán de Barranquitas, o con los Avilés de Florida.

Del estudio de la riqueza documental que poseen los registros de la propiedad a los cuales pertenecen estos pueblos se diversifica la información que se ofrece a través de la historia oral. Ante ese escenario los estudiantes de la Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera de Utuado han resultado en los de mayor contacto al respecto.

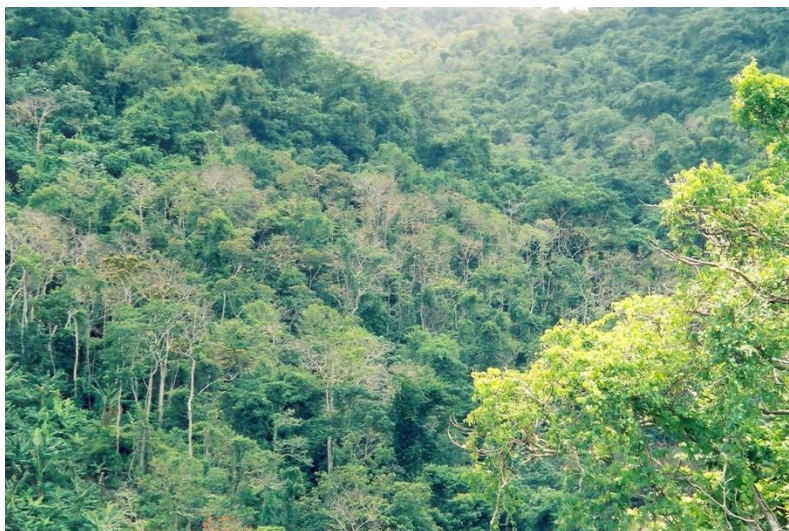


Foto 6 Bosque secundario en la cual la especie dominante es el tulipán africano (*Spathodea campanulata*) en zona aledaña a la Escuela Superior Francisco Morales de Naranjito. Noviembre 2006. Cortesía de Aurea Berríos Sáez.

El éxito inicial en el proyecto de investigación forestal en varios distritos escolares del país se diversificó cuando a inicios de la actual centuria fueron añadidas dos nuevas escuelas superiores ubicadas en la zona urbana del país: University Gardens de Río Piedras y la Luz América Calderón de Carolina. Sin embargo, a pesar de la génesis prometedora de ambos planteles educativos los proyectos de investigación fueron detenidos.

La construcción de un nuevo plantel escolar para la University Gardens de Río Piedras provocó el traslado de la matrícula estudiantil hacia la escuela aledaña, la Sotero Figueroa. Ante esa situación, el predio de investigación ubicado en las riberas del río Piedras sufrió un revés muy significativo. No obstante, la nueva edificación a denominarse Dr. Agustín Stahl, debe de contribuir en gran medida a la eventual reactivación del proyecto forestal y educativo.

La construcción del Museo del Niño en Carolina precisamente en el área del proyecto de investigación de la Escuela Superior Luz A. Calderón motivó el que por razones de seguridad éste fuera paralizado hasta que tal proyecto fuera finalizado. Aunque existe un interés por retornar es necesario la finalización del Museo del Niño para de esa forma determinar el impacto de éste sobre nuestra área de investigación.



Foto 7 Estudiantes de la Escuela Superior Francisco Morales de Naranjito efectuando varios análisis de agua en una quebrada aledaña al área de investigación forestal. Noviembre 2006. Cortesía de Aurea Berríos Sáez.



Foto 8 Bosque urbano intramural de la Escuela Intermedia Urbana Rafael Martínez Nadal de Guaynabo. Curso escolar 2006-2007. Cortesía de Magda López.

La inclusión en el 2002 de la única escuela intermedia urbana en nuestros proyectos de investigación forestal corresponde a la iniciativa de la profesora de matemáticas Magda López del plantel escolar Rafael Martínez Nadal, del Distrito Escolar de Guaynabo. No obstante, fue a través de las múltiples actividades de naturaleza forestal y educativa que efectúa el Dr. Frank H. Wadsworth que este contacto inicial logró producirse. Sin embargo, el área de investigación de esta escuela, es de naturaleza intramural y fue

diseñada y establecida con el auxilio de la División Forestal del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, el Distrito de Conservación de Suelos de San Juan, el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, el Servicio de Extensión Agrícola –Región de San Juan (Guaynabo) y las Empresas Ortiz Brunet de Guaynabo.



Foto 9 Dedicación al Dr. Frank H. Wadsworth del Bosque urbano intramural de la Escuela Intermedia Urbana Rafael Martínez Nadal de Guaynabo. 22 mayo 2007. Cortesía de Magda López.

Hacia la antesala de la incorporación de la Región Educativa de San Juan a través de las escuelas superiores University Gardens de Río Piedras y Luz A. Calderón de Carolina cada uno de los planteles escolares integrantes del proyecto poseía un acuerdo cooperativo con el hoy IIDT (Barranquitas, Naranjito, Florida y Utuado). En ese documento se estipulaban los deberes y responsabilidades de cada integrante del acuerdo mismo, o sea, el IIDT y el Departamento de Educación de Puerto Rico (DEPR). Por otro lado, ante la posterior integración del Centro de Recursos de Ciencias e Ingeniería del Departamento de Ciencias Naturales del Recinto de Río Piedras de la UPR dentro del escenario forestal, educativo e interdisciplinario del proyecto piloto se hizo necesario el advenimiento de un nuevo acuerdo cooperativo. Por otro lado, la experiencia adquirida tras más de tres lustros de intensa labor educativa requería de una evaluación de sus tres componentes: bosques, agua y datos climáticos. Al unísono se iban planteando ciertas interrogantes sobre varios proyectos paralelos para con el Bosque Experimental de Estate Thomas en Santa Cruz (Islas Vírgenes Americanas).

Desde los primeros años de esta experiencia educativa, Acta Científica, la revista de la Asociación de Maestros de Ciencias de Puerto Rico, se ha convertido en el portavoz de las actividades forestales que se llevan a cabo en las escuelas participantes de este proyecto. Aunque no todos los logros, incluyendo la divulgación y análisis de los datos recopilados, han sido publicados, sí contamos con un variado número de actividades que son ilustrativas de las metas alcanzadas. Ejemplo de ello lo constituyen los simposios que se han llevado a cabo por la Escuela Superior Vocacional Luis Muñoz Rivera del

Distrito Escolar de Utuado en el Colegio Regional de la Montaña de la UPR y la destacada participación en las ferias científicas de la Escuela Superior Francisco Morales del Distrito Escolar de Naranjito.

El advenimiento del Boletín de Educación Ambiental, el cual inicialmente se había proyectado dar a luz de forma bianual, constituye una herramienta informativa no formal en la cual se hace un recuento de las diversas actividades que se efectúan en el proyecto. Aunque es un buen medio de comunicación interno también mantiene informado a los dueños de los lugares de investigación de lo que está ocurriendo en sus respectivas propiedades.

La integración de la Segunda Unidad Ramón Alejandro Ayala del Distrito Escolar de Comerío desde los inicios del segundo lustro de la presente centuria representa el más reciente logro alcanzado de este proyecto visionario. Aunque esa distinción se llevó a cabo mediante la profesora Mabel Calderón dicha acción fue diseñada por Carlos Collazo Berríos, Presidente del Comité pro declaración de la Reserva Natural Cañón Las Bocas (Barranquitas/Comerío). Por otro lado, constituye este plantel escolar la única escuela intermedia rural de Puerto Rico que es partícipe de nuestro proyecto.

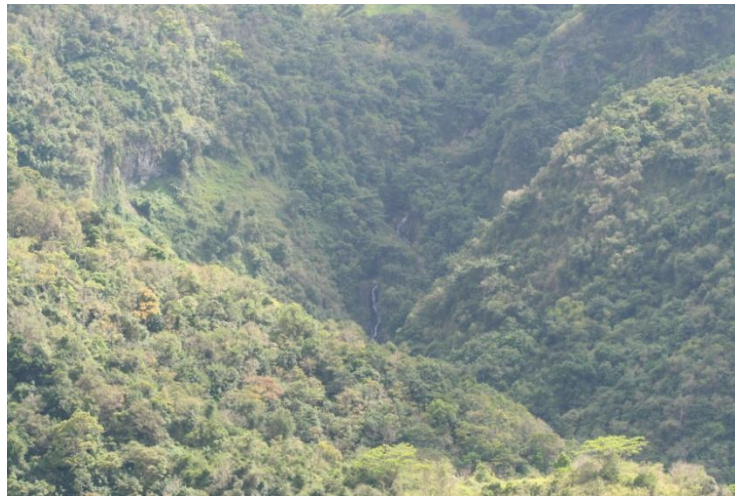


Foto 10 Cañón Las Bocas (Barranquitas/Comerío) 2008 Cortesía de Carlos R. Collazo Berríos.

El área propuesta como Reserva Natural Cañón Las Bocas posee el potencial de convertirse en un gran centro de investigación forestal e interdisciplinario no solo para los municipios de Barranquitas y Comerío. De ahí, el que este lugar sea vislumbrado como un eventual bastión educativo y turístico en la cual las comunidades aledañas juegan un papel destacado en tan loables propósitos.



Foto 11 Estudiantes de la profesora Mabel Calderón de la Segunda Unidad Ramón Alejandro Ayala del barrio Palomas de Comerío efectuando medidas de diámetro en un bosque secundario ubicado en el Cañón Las Bocas (Barranquitas/Comerío). 6 octubre 2008. Cortesía de Carlos R. Collazo Berríos.

La avalancha de solicitudes de información relativas al desarrollo de la investigación forestal para con el IIDT como una experiencia educativa requería de una movilidad de personal y de adiestramientos de maestros líderes que no todo el tiempo podía realizarse. Ante esa situación comenzaron a identificarse posibles alternativas para el manejo de esa problemática. Luego de varias consideraciones se optó por el diseño de un manual de investigación forestal ilustrado, sencillo y práctico a través del cual aquellos maestros líderes pudieran utilizarlo sin necesidad de que siempre hubiese un empleado forestal que le auxiliare en todo momento. Aunque entendemos que ello no es posible en la totalidad de los casos sí afirmamos que ésta es la forma más viable de poder extender el programa de investigación forestal como una experiencia educativa hacia un mayor número de escuelas del DEPR. Eventualmente, éste será traducido al idioma inglés para que pueda ser utilizado por el Departamento de Educación de las Islas Vírgenes Americanas.

En el recorrido de estos años ha sido necesario el detenernos en múltiples ocasiones. Aunque las razones o los motivos siempre han sido considerados, el común denominador lo ha constituido el hacer una introspección de lo que hemos realizado y de las metas que aún nos faltan por alcanzar. En esa dirección las facilidades de El Verde en El Yunque National Forest ha contribuido de manera muy significativa para que por un fin de semana en el mes de noviembre y durante los últimos tres años los maestros y una representación de cada escuela superior de nuestro programa se den cita en este lugar.



Foto 12 Taller de investigación forestal en El Verde, El Yunque National Forest para estudiantes y maestros de las escuelas superiores de Barranquitas (Pablo Colón Berdecía), Naranjito (Francisco Morales) y Florida (Juan Ponce de León). Noviembre 2007. Cortesía LTER High School Program.

El presente manual es un testimonio de mucho más de dos mil estudiantes con los cuales nos hemos contactado directamente. Es muy probable que muchos más de esa cantidad hayan sido impactados de forma indirecta. Los seminarios, los simposios, las relaciones de amistad, de familia y de comunidad han aportado en esa dirección. De ahí, en parte, la fortaleza de este proyecto forestal e interdisciplinario. El salón de clases se ha extendido, se ha trasladado a la comunidad misma. De ahí la familiaridad y la cotidianidad de nuestra presencia en comunidades que poco a poco también se van haciendo nuestras.

Al diseñarse el presente manual se visualiza desde la perspectiva o el sueño inicial del Dr. Ariel E. Lugo, o sea, de que cada escuela del país pudiera establecer un área de investigación forestal interdisciplinario lo más cercano posible a las escuelas. Por tanto, el manual, es un depositario activo de aquellas experiencias de campo, del salón de clases, del laboratorio, de las presentaciones, conferencias y simposios en los cuales han participado durante alrededor de unos veinte años sobre unos dos mil estudiantes. En la actualidad, éstos ocupan un conjunto de profesiones, entre las cuales se ubican, maestros de diversas disciplinas, geólogos, profesores universitarios, músicos así como un gran número de hoy padres de familia, ciudadanos ejemplares, amigos del ambiente. En fin, todos ellos, poseen una experiencia homogénea lo cual les cualifica para ser denominados como Ciudadanos del Bosque.



Foto 13 Estudiantes del proyecto de investigación forestal interdisciplinario de la profesora Clara Abad de la Escuela Superior Vocacional Pablo Colón Berdecía de Barranquitas. Curso escolar 2007-2008.

Fuente: Cruz Evelyn. 2007-2008. "Clara Abad y su acuasuelo" en El Sol (Revista de la Asociación de Maestros de Puerto Rico) 51(4):14.

I. CONTEXTO

PANORAMA HISTÓRICO DE LA BOTÁNICA

La botánica es la ciencia que se dedica al estudio de la vegetación. Entre los asuntos, temas o áreas que ésta se ramifica se ubican los siguientes: descripción, clasificación, distribución y las relaciones que existen entre ellas así como el medio que les rodea.

Desde la época prehistórica hasta nuestros días la utilización de las plantas ha jugado un papel de destacada importancia para el ser humano. Entre los factores que han motivado tal importancia para con la humanidad se ubican los diversos usos que se le han otorgado a las plantas. El empleo o utilización de éstas como fuente de alimento, vestimenta, así como en el tratamiento de enfermedades se entremezclan con otras utilidades tales como la extracción de diversas sustancias tóxicas que son o fueron útiles para la guerra y en la caza. Por otro lado su empleo como material de construcción diversa y en la fabricación de armas y herramientas es ampliamente conocido.

Desde el hombre primitivo el grado de vinculación del ser humano con su medio ambiente a determinado o influenciado en su deseo o necesidad de conocer aquellas plantas de las cuales podía beneficiarse, donde se producían y en qué época. Por tanto, desde los orígenes de la humanidad se fue modificando y ampliando el conocimiento que se iba adquiriendo de las plantas.

Varios milenios antes de la era cristiana la antigua China y la India ya habían confeccionado una serie de tratados sobre la utilización de las plantas. No obstante, muchos de esos conocimientos estaban orientados hacia las plantas medicinales.

En la antigua Grecia el estudio de la vegetación guarda una relación con la filosofía. Entre los estudios de esa rama de la ciencia se ubicó Aristóteles y uno de sus discípulos Teofrasto. El primero de ellos, el cual es considerado como el “primer investigador científico en el sentido actual del término” recopiló una gran información sobre las plantas de la mayor parte del mundo conocido de su época. A éstos los dividió en dos grandes grupos a base de la presencia o ausencia de las flores (Enciclopedia Hipánica-Macropedia 1990-1991, Vol. 2, p.61). No obstante, Teofrasto legó a la humanidad dos obras las cuales se les reconoce como el origen de la botánica y a su autor como el padre de la botánica: **Historie de las plantas** y **Sobre las caves (crecimiento) de lo plantas**. Entre las aportaciones significativas de las obras de Teofrasto se ubica la clasificación relativa a los árboles, arbustos y subarbustos.

Los romanos abordaron el campo de la botánica desde el punto de vista práctico. Dentro de esa perspectiva ofrecieron un mayor énfasis a las aplicaciones de naturaleza agrícola, jardinería o farmacología (Enciclopedia Hispánica-Macropedia 1990-1991, Vol. 3, p. 102). Ante esa situación se destacaron las obras **Historia natural** de Plinio, El Viejo y **De Materia Médica** de Dioscórides un médico griego al servicio del ejército imperial de Roma. Plinio efectuó mayor influencia hacia la agricultura y la jardinería mientras que Dioscórides hizo lo propio para con las propiedades farmacológicas de las plantas. **De Materia Médica**, es un tratado médico en la cual se descubrieron las propiedades

medicinales de unas 600 especies. Dicha obra constituye una de vital importancia pues fue utilizada como libro de texto en las escuelas de medicina hasta la época del renacimiento.

Durante la Edad Media, la botánica, al igual que otras disciplinas del saber humano, sufrió de un estancamiento muy notable en el mundo occidental. No obstante, les correspondió a los árabes el efectuar ciertos avances en el mundo de la botánica. Dentro de ese marco escénico los árabes mantuvieron un gran interés por la investigación y dieron a conocer un gran número de especies procedentes del oriente a través de la Península Ibérica (Enciclopedia Hispánica-Macropedia 1990-1991, Vol. 3, p.102).

Durante la época del renacimiento se llevó a cabo un proceso de revalorización de la cultura clásica. Ante esa perspectiva se propició la aproximación con la naturaleza así como de la capacidad del ser humano mediante la observación, el desarrollo de la hipótesis y la experimentación. Por otro lado advienen una serie de eventos que propiciaron un avance muy significativo para con la botánica.

Entre los eventos históricos que ocurrieron en el renacimiento y que aportaron de una manera significativa en el desarrollo de la botánica figuran los siguientes: la invención de la imprenta, la aparición del papel para la elaboración de los herbarios, el advenimiento de los jardines botánicos, el desarrollo del arte y de la ciencia de la navegación. Ante esa majestuosidad de cambios y de dinamismo adviene el descubrimiento de América y por consiguiente el surgimiento de nuevas rutas y lugares para las expediciones botánicas.

El advenimiento en el siglo XVI de los primeros jardines botánicos en Italia dio paso a una nueva etapa de las ciencias botánicas. En ellos se fueron cultivando plantas exóticas, las cuales procedían de los viajes de exploración que durante esa época se efectuaban hacia América y Asia. Por otro lado, algunos botánicos comenzaron a establecer descripciones sistemáticas de la flora autóctona de diversas regiones europeas a la vez que fueron ensayando otros sistemas de clasificación más rigurosos que los que se habían empleado hasta esa época.

Uno de los eventos más espectaculares que ocurrió durante el renacimiento en relación a la botánica se le atribuye a Conrad Gesner. Éste señaló que los órganos florales constituían uno de los criterios básicos para la clasificación de las plantas superiores en lugar de otros usados hasta esa época tales como ciertos detalles morfológicos o el aspecto de las hojas y el tallo.

La necesidad de criterios de clasificación durante la época renacentista impulsó a que se realizaran investigaciones en torno a las diversas partes de las plantas y sus funciones. Ante esa perspectiva se cuestionaba el que las clasificaciones no fueran basadas en su utilidad y sí en los rasgos que las plantas poseían. No obstante, tanto lo uno como lo otro constituyeron una aportación destacada a la historia de la botánica.

Durante el siglo XVII, el cual es considerado como la centuria del nacimiento de la ciencia moderna, ocurrieron unos avances muy significativos en el sistema o metodología de la clasificación botánica. Dentro de esa perspectiva afloró la necesidad de un

intercambio de ideas y de información entre los naturalistas europeos. Ante esa necesidad advinieron las academias científicas estableciéndose en 1603 en Italia la Academia de Lincei, la Royal Society en Inglaterra en 1660 y la Academia de Ciencias Francesa en 1662.

El trabajo más importante de sistemática vegetal del siglo XVII corresponde a **Historia general de las plantas** del inglés John Ray. El éxito de Ray correspondió en gran medida a su profesor Joachim Jungius un filósofo, matemático y naturalista alemán cuyas teorías botánicas antecedieron a su época. Aunque a Jungius se le considera como el fundador del lenguaje científico, éste fue desarrollado más tarde por Ray y perfeccionado por Carl von Linné.

Entre las aportaciones de John Ray al mundo de la botánica figuran las siguientes: establecimiento de una línea divisoria entre las plantas mono y dicotiledóneas (luego de un estudio detallado de los embriones de diversas plantas) y el proponer normas de nomenclatura para la designación de las diferentes especies. En su obra principal, **Historia de las plantas**, propuso las bases de una clasificación sistemática y racional, la cual en el siglo siguiente fue perfeccionada por Linneo (Enciclopedia Hispánica-Macropedia 1990-1991, Vol. 12, p.239).

Como culminación a los diversos intentos por establecer una clasificación racional de las plantas en los siglos que habían precedido, el sueco Carl von Linné, el cual era conocido como Linneo, propuso un sistema de nomenclatura en la cual se asignaban a cada especie dos nombres en latín. El primero correspondía al género y el segundo a la especie propiamente dicha. (Enciclopedia Hispánica- Temapedia, 1990-1991, Vol. 1, p.89). No obstante, la obra que lo consolidó como un gran botánico y naturalista fue **Sistema de la naturaleza**, la cual fue publicada por primera vez en 1735 (Enciclopedia Hispánica-Macropedia 1990-1991, Vol. 9, p.149).



Foto 14 Carl von Linné (Linneo)

El advenimiento del uso del microscopio para con las plantas en las postrimerías del siglo XVII influenciaron en los estudios de la anatomía vegetal. Ante esa circunstancia, el

microscopio provocó una gran influencia sobre la clasificación de las plantas a partir de ese momento.

Una de las figuras más destacadas en el campo de la botánica de esa época fue el inglés Robert Hooke. Éste estaba relacionado al avance de la botánica mediante el empleo del microscopio. Hooke adjunto a ser considerado como el inventor del microscopio binocular efectuó grandes aportaciones al estudiar algunos de los procesos fisiológicos de las plantas. Dentro de esa perspectiva estudió lo que se denomina como la posición de sueño y de vigilia de las hojas de la planta *Mimosa pudica*.



Foto 15 (*Mimosa pudica*)

Durante el siglo XVIII la química había adelantado de forma considerable lo cual no tardó en hacer su significativa aportación al campo de la botánica. El descubrimiento del oxígeno en 1774 por Joseph Priestly hizo posible que cinco años más tarde el holandés Jan Ingenhousz descubriera uno de los procesos fisiológicos más importantes de las plantas: la fotosíntesis. Tal descubrimiento fue fundamental para que Theodore de Saussure hiciera su aportación sobre el intercambio de gases y la nutrición vegetal. Como consecuencia de ello, se considera a este evento como el inicio de la fisiología vegetal.

Las investigaciones de Saussure confirmaron que las plantas descomponían el agua y que se apropian de esos elementos, que emplean el gas carbónico del aire y demuestra que los componentes minerales del suelo juegan un papel fundamental en la nutrición de las plantas. Ante ese marco escénico, Saussure señala que las plantas verdes elaboran las sustancias que le son necesarias a expensas del agua, la atmósfera y de los minerales que se encuentran en el suelo y que son absorbidos por las raíces.

Durante el siglo XVIII se incrementó de forma notable el número de ejemplares en los herbarios de Europa. Dentro de esa perspectiva se ubicaban de forma destacada las expediciones botánicas que los españoles realizaron en América. Entre las expediciones

más destacadas de esa índole figura la realizada a Nueva España (México) y las Antillas por José Mariano Mociño y Martín Sessé Lacosta. Ante esa vorágine de expediciones botánicas a nivel mundial se ubican las efectuadas por el naturalista y geógrafo alemán Alexander von Humbolt. Éste dedicó gran parte de sus expediciones al estudio de la distribución de las especies. De esos viajes botánicos adviene una nueva rama de la botánica de la cual se le considera a éste como el padre de la misma: la geobotánica o fitogeografía (Ibáñez, 1976, p.408). La geobotánica, la cual también se denomina como la biogeografía de las plantas, es el estudio de las plantas en relación a la geografía y la ecología (Lincoln, Boxshall y Clark, 2001. p.125).



Foto 16 Alexander von Humbolt

Durante el siglo XIX numerosos naturalistas plantearon el problema de la evolución, en contraste con aquellos que promulgaban la teoría del fijismo, o sea, de que los seres vivos permanecían invariables en su forma y en su estructura. Entre los naturalistas pioneros que apoyaron la evolución se ubicó el francés Jean-Baptiste Lamarck. Éste postuló la transformación de los organismos vivos a través del tiempo así como la naturaleza hereditaria de los caracteres adquiridos (Enciclopedia Hispánica- Macropedia, 1990-1991, Vol. 3, p.104). No obstante, fueron Charles Darwin y Alfred Russel Wallace los que sentaron las bases para una teoría de mayor solidez y documentación sobre la evolución.

Los estudios de Darwin sobre la teoría de la evolución estaban basados en pruebas fósiles, geográficas, anatómicas y fisiológicas. De ahí el que postulara de que el mecanismo a través del cual la evolución se llevaba a cabo es mediante la selección natural ya que solo permitía la supervivencia de aquellos individuos más aptos y de su respectiva perpetuación a través de sus descendientes. Por consiguiente, las ideas de Darwin influyeron de forma notable en la botánica ya que, entre otras cosas, consideró las relaciones de proximidad evolutiva entre las diferentes especies.

Adjunto a los progresos antes descritos durante el siglo XIX también se destacaron otros estudios los cuales contribuyeron de forma notable al conocimiento de la botánica. Entre

esos estudios se ubicaron los del botánico de origen francés Gaston Bonnier, el británico Robert Brown y el suizo Augustin Pyrame de Candolle (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 3, p.104). Entre las aportaciones de Bonnier se destacan la influencia del medio en la flora y la relación existente entre la altitud y la distribución de las especies vegetales. Brown confirmó la separación entre las plantas angiospermas (con flores provistas de pétalos y semillas encerradas en frutos) y las gimnospermas (con semillas desnudas). Por su parte Augustin Pyrame de Candolle escribió una extensa obra en la cual se clasificaban y se distribuían todos los grupos botánicos conocidos en su época. Por tal motivo De Candolle se le considera como uno de los fundadores de la disciplina conocida como la geografía botánica.



Foto 17 Augustin Pyrame de Candolle

Durante el siglo XX la botánica ha continuado un desarrollo muy paralelo a aquel que se ha llevado a cabo en diversas ramas de las ciencias biológicas. No obstante, aquellas bases de la genética que desarrolló Gregorio Mendel y que pasaron inadvertidas en su época surtieron sus efectos en esta centuria. Dentro de esa perspectiva se destacaron, entre otros, las investigaciones efectuadas por Hugo von Mohl en el campo de las mutaciones, o sea, alteraciones que en muchos casos se observan en la herencia de las características biológicas de las plantas.

El constante desarrollo de las técnicas de mayor precisión científica así como el significativo avance en el estudio de los procesos químicos y fisiológicos de las plantas representa una aportación adicional a la historia más reciente de la botánica. Testimonio de ello es el conocimiento y esclarecimiento de las reacciones químicas que se llevan a cabo en el proceso de fotosíntesis máxime ante la gran diversidad de las plantas (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 3, p.104). Por otro lado, el incremento y adelanto en el campo de la genética han permitido el obtener cruces entre especies las cuales han promovido hacia un mayor rendimiento o resistencia a enfermedades así como en su productividad. Adjunto a ello, el descubrimiento de nuevas especies en las últimas décadas del siglo XX e inicios de la presente centuria han contribuido a que los criterios de clasificación sean más rigurosos y precisos y de que se

tome en consideración el valioso legado de siglos de historia de la botánica para con la presencia de la humanidad en el planeta (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 3, p.104).

LAS RAICES

Las raíces son generalmente la parte subterránea de los árboles. Sin embargo, en algunas ocasiones se pueden observar raíces sobre la superficie del suelo. Ello suele ocurrir en terrenos pedregosos o saturados de agua. Por otro lado, en algunos árboles, como las palmas, podemos apreciarlas a simple vista.



Las raíces poseen las siguientes funciones: fijan el árbol al suelo, extraen el agua y los nutrientes del suelo, intercambian gases, acumulan reservas nutritivas, y eliminan los desperdicios metabólicos. (CATIE, 1994, p.5).

Las raíces de los árboles se clasifican a base de las funciones que llevan a cabo en:

- raíces principales. Son leñosas y proporcionan la fijación del árbol al suelo.
- raíces secundarias. Ejercen la función de absorción. Son más delgadas, tiernas y finas que las raíces principales.

Foto 18 Sistema de raíces de la palma de sierra (*Prestoea montana*)

Las raíces secundarias a su vez poseen unos pelos o vellosidades minúsculas denominadas raíces absorbentes y es por ellos donde se realiza la transferencia de agua y de los nutrientes.

Ejercicio: Caminar por el bosque y ubicar un derrumbe. Observar e identificar los tipos de raíces y sus funciones. Mediante el uso de un sorbeto y un vaso con agua y colorantes ilustrar el proceso de absorción de las raíces. Luego procederá a realizarlo con dos o tres sorbetos pero con la misma cantidad de agua en el vaso. Pueden emplearse sorbetos de diversas aperturas y tamaño para ilustrar la diferencia entre las raíces de diversas especies arbóreas.

Existen diferentes tipos de raíces, según aparezcan o no los elementos radiculares secundarios en relación con el eje principal del órgano. Cuando el eje central es patente y destaca netamente se habla de raíz axonomorfa, mientras que si está ausente y se observa un conjunto de raicillas de parecido desarrollo semejantes a una cabellera de raíces se denominan fasciculadas. Son tuberosas cuando acumulan sustancias de reserva y aéreas

o neumatóforos, dotadas de geotropismo negativo, las que crecen fuera de la tierra y absorben oxígeno del aire; éstas últimas se hallan presentes en especies que viven encharcadas, como adaptación a las pobres condiciones de drenaje existentes.



Foto 19 Raíces aéreas del jagüey blanco (*Ficus laevigata*)

Las raíces se pueden originar a partir del embrión de la planta lo cual es lo normal o directamente del tallo o de la raíz en cuyo caso se llama adventicia. Algunas especies arbóreas poseen la capacidad de reproducirse por medio de esquejes de las raíces. Ejemplo de ello lo constituyen las siguientes especies: panapén (*Artocarpus altilis*), meaíto o tulipán africano (*Spathodea campanulata*), y la albizia (*Albizia procera*).



Ilust. 1 Raíz axonomorfa



Ilust. 2 Raíz fasciculada

Rol de las raíces en la fertilidad del suelo

Los árboles influyen de manera positiva sobre la fertilidad del suelo. Ante esa perspectiva desempeñan un rol de vital importancia en la reserva de nutrientes, la condición física, la reserva de agua y la vida en el suelo (CATIE, 1994, p.31).

Reserva de nutrientes: El árbol posee un sistema de raíces más extenso y de mayor profundidad que otras plantas. Por esa razón también extraen los nutrientes necesarios para su desarrollo en capas de suelo que están fuera del alcance de otras plantas.

Los nutrientes se almacenan en todas las partes del árbol. Al caer las hojas al suelo, éstas se pudren, se descomponen y añaden a la materia orgánica de la capa superior del suelo: la capa vegetal. El árbol actúa como una bomba de nutrientes entre el subsuelo y la superficie. Por tanto, los nutrientes no se pierden.

Para que tengamos una idea de la cantidad de nutrientes que aportan los árboles veamos el siguiente ejemplo.

En un cafetal, la caída de las hojas de los árboles de sombra aporta cada año al suelo aproximadamente 100 kilos de nitrógeno por hectárea (10,000 metros cuadrados), o sea, el equivalente a trece sacos de abono 15-15-15 (CATIE, 1994, p.33).

Algunos árboles son capaces de extraer el nitrógeno del aire y transformarlo en materia orgánica. Ello es posible mediante la actividad de algunas bacterias que viven sobre sus raíces. Los árboles de la familia de las leguminosas poseen esa característica. Ejemplo de ello son los siguientes:

guaba (*Inga vera*), moca (*Andira inermis*), tamarindo (*Tamarindus indica*), pterocarpus (*Pterocarpus indica*), palo de pollo (*Pterocarpus officinalis*), guamá (*Inga laurina*), la albizia (*Albizia lebbek*), el flamboyán (*Delonix regia*), el bucayo gigante (*Erythrina poeppigiana*), la bayahonda (*Prosopis pallida*) y la casia de Siam (*Cassia siamea*).

En la zona cafetalera de Puerto Rico es muy usual el encontrar árboles de la familia de las leguminosas que son utilizadas como sombra. Usualmente se observan en esa zona la guaba, moca y guamá. Por consiguiente, en aquellas fincas de café que han sido abandonadas es muy común el encontrar tales especies arbóreas.

Rol de las raíces en la calidad física del suelo

El árbol mejora la calidad física del suelo de tres formas (CATIE, 1994, p.33):

- aporta al suelo la materia orgánica necesaria para poseer una buena estructura; su sombra impide que la materia orgánica desaparezca rápido por el efecto del sol.
- el sistema de raíces favorece la infiltración del agua.
- las ramas y las hojas, así como las hojas caídas protegen al suelo del impacto de las gotas de lluvia y por tanto disminuye la erosión; sin protección el agua que escurre se lleva las partes más finas y fértiles del suelo. La cantidad de tierra que pierde un suelo desnudo, por erosión es entre 100 y 1,000 veces mayor a lo que pierde el mismo suelo cubierto de bosques (CATIE, 1994, p.33).

Rol de las raíces en la reserva de agua en el suelo

- las raíces de los árboles rompen y disminuyen las capas duras o impermeables del suelo y mejoran la infiltración del agua. A ello contribuye la capa de hojas muertas.
- protege al suelo de la erosión, el árbol “frena” el agua de lluvia y de escorrentía, lo que permite a que una mayor cantidad se infiltre.

El suelo de un bosque puede retener entre 5 y 6 veces más agua que el suelo en pastos y de 10-15 veces más que un suelo agrícola (CATIE, 1994, p.35). La deforestación de las cuencas de los arroyos hace que éstos reduzcan su caudal y se torna irregular.

El efecto de la deforestación sobre el caudal de los ríos es muy significativo. La desaparición de los árboles permite la erosión de la capa vegetal. El suelo procede a compactarse, se hace duro y la infiltración del agua es menor. Por tanto la reforestación de una cuenca permite al cabo de unos años un régimen de las aguas más regular.

Ejercicio: Determinar las razones por la cual en los ríos fluye agua aun cuando no está lloviendo.

Rol del árbol en la vida del suelo

El árbol favorece la existencia de vida en el suelo, lo cual a su vez es un elemento fundamental para su fertilidad.

- el árbol provee la materia orgánica que es el alimento base o necesario de un gran número de insectos, gusanos, bacterias, hongos y otros organismos útiles del suelo (CATIE, 1994, p.37). En los alrededores de las raíces del árbol conviven, entre otros, una multitud de bacterias, hongos. Una gran parte de ellos se alimentan de las sustancias nutritivas que las raíces eliminan en el suelo. Otros, tales como las bacterias fijadoras de nitrógeno y los hongos de las “micorrizas” proveen a las raíces de nutrientes extraídos del aire o del suelo. Ante esa circunstancia se produce un intercambio beneficioso. La caída de las hojas, ramas, flores o frutos así como de las raíces en descomposición proveen de alimentos a toda una cadena de organismos tales como los hongos, las bacterias, los insectos y las lombrices. De esa forma se lleva a cabo todo un sistema de reciclaje natural. Por consiguiente, si no hay vida en el suelo, no hay descomposición de la materia orgánica y por tanto las posibilidades de vida de los árboles se reducen de manera significativa.
- la sombra de los árboles protege la vida que existe en el suelo ya que ésta es afectada por los rayos y el calor del sol. Dentro de esa perspectiva, el calentamiento provoca que el suelo se reseque y por consiguiente coloca en peligro la vida de los organismos que viven en el.

ESTRUCTURAS DE ABSORCIÓN ESPECIALIZADAS

Las plantas usan iones minerales disueltos y agua en abundancia. No obstante, las micorrizas, los nódulos y los vellos de la raíz de las plantas incrementan la captación del agua de forma significativa.

Micorrizas: es una forma de mutualismo entre una raíz joven y un hongo en la cual ambas resultan beneficiadas. Las hifas fungales crecen como coberturas aterciopeladas en torno a la raíz o penetran sus células. De manera colectiva, las hifas tienen un área superficial mayor y por lo tanto pueden absorber los escasos minerales de un volumen mayor de tierra que la raíz por sí sola. Ante esa situación, las células de la raíz ceden parte de sus azúcares y compuestos nitrogenados al hongo, mientras que ésta cede algunos minerales a la planta (Starr y Taggart, 2007, p.514). De ahí resulta el beneficio de ambas especies.



Foto 20 Micorrizas

Foto 21 Nódulos de la raíz



Nódulos de la raíz: Ciertas bacterias del suelo son mutualistas con las leguminosas debido a que al igual que otras plantas requieren de nitrógeno para su crecimiento. El nitrógeno gaseoso es abundante en la atmósfera, pero las plantas carecen de enzimas que puedan romper sus tres enlaces covalentes (Starr y Taggart, 2007, p.514). Las bacterias, antes descritas, tienen enzimas que rompen esos enlaces. Como consecuencia de ello, los átomos se reordenan en forma de amoníaco. La conversión metabólica de nitrógeno gaseoso en amoníaco se llama fijación de nitrógeno. Por tanto, el amoníaco se convierte a formas que las plantas pueden absorber.

Ejemplos de especies leguminosas son el guamá (*Inga laurina*), la guaba (*Inga vera*), la cojóbana (*Piptadenia peregrina*), la cojoba (*Pithecellobium arboreum*) y la mariposa (*Bauhinia monandra*).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno se incorporan o impregnan a manera de ir infectando las raíces y luego se hacen simbiotes en abultamientos localizados llamados nódulos de la raíz. Como consecuencia de ello las bacterias hurtan parte de los productos fotosintéticos mientras que las plantas absorben el nitrógeno que las células bacterianas liberan a la atmósfera.

Vellos de la raíz: A medida que la mayoría de las plantas producen su desarrollo primario, su sistema de raíz va integrando millones de vellos radiculares. De manera colectiva, esas extensiones delgadas de las células epidérmicas de la raíz incrementan de forma significativa el área superficial disponible para la absorción (Starr y Taggart, 2007, p.514). No obstante, dichas estructuras son frágiles y no se transforman en raíces. Solo crecen unos milímetros en el suelo y mueren a los pocos días. Por otro lado, emergen otros millones de ellas.

EL TRONCO

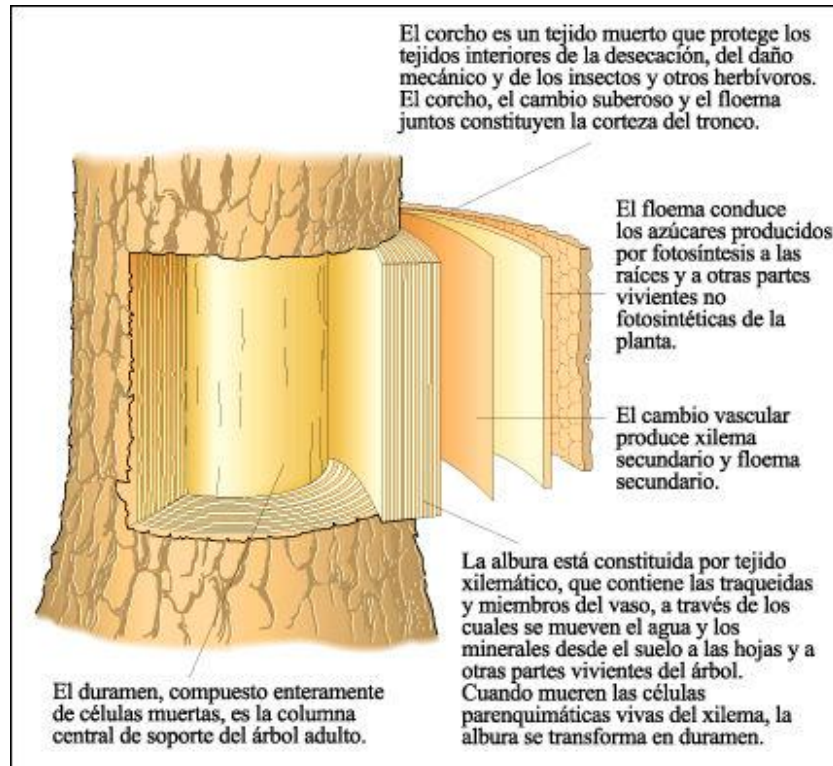
El tronco de los árboles está compuesto de las siguientes partes: la corteza, el cambium y la madera. En la madera se pueden distinguir o diferenciar las tres partes siguientes: la médula, el duramen y la albura.

La médula se ubica generalmente hacia la parte central del tronco. El duramen o corazón el cual generalmente es de un color oscuro se encuentra rodeando la médula. La albura es una zona que posee una coloración más clara y se localiza hacia el exterior del duramen. La madera está constituida por un tejido duro y muerto. Se compone de canales que dejaron de ejercer su función a medida de que el tronco se va desarrollando.

El cambium es una capa de células donde se forman y multiplican las células del leño, promueve la aparición anual de tejidos conductores de floema y xilema. A él se debe que el árbol aumente de grosor. Se ubica entre la corteza y la madera. Cada año origina o produce dos capas de células: el xilema (hacia el interior) y el floema (hacia el exterior).

El xilema está constituido por un sistema de vasos leñosos por el que se conduce la materia prima (el agua y las sales del suelo) hasta las hojas, los órganos productores. También funciona de apoyo estructural a las plantas (Starr y Taggart, 2007, p.497).

El floema se compone de unos vasos leñosos los cuales conducen la savia y los azúcares que son elaborados o fabricados en las hojas a los demás tejidos.



Ilust. 3 Partes del tronco

La corteza es la zona más externa del tronco. Se compone de una capa de material poroso e impermeable que protege y aísla el árbol. Su grosor aumenta a medida que transcurre el tiempo. Es un tejido muerto el cual es en muchas ocasiones uno de los parámetros que se utilizan en la identificación de los árboles. Dentro de esa perspectiva existen cortezas de árboles que expresan una gama de diferencias, algunas de las cuales, son muy notables. Ejemplo de ello lo constituye el almácigo (*Bursera simaruba*). Su corteza la cual es lisa y de un color castaño rojizo o cobrizo se desprende en láminas como si fueran un rollo de papel.



Foto 22 Tronco de almácigo (*Bursera simaruba*)

En el otoño de las zonas templadas o durante la sequía de las zonas tropicales la actividad del árbol disminuye y por consiguiente los vasos formados son más escasos y más pequeños que los que se producen en la primavera o durante la época de lluvia. Éstos pueden distinguirse al cortar el tronco, pues son un conjunto de anillos concéntricos de crecimiento claramente palpables. Dichos anillos de crecimiento permiten determinar la edad de los árboles. Cada anillo anual está compuesto de dos subanillos, uno de madera más clara que corresponde a la estación cálida, y otra más oscura y compacta constituida en la estación fría. Por tanto en el tronco del árbol, la zona de vida está limitada en realidad a las capas más periféricas, siendo el resto material de sostén, lo que forma la madera. Esa es la razón por la cual se observan árboles hendidos cuyo centro ha desaparecido y aún permanecen con vida.

El cambium queda inactivo durante los inviernos fríos o las largas épocas de sequía. La madera temprana, con células de paredes delgadas y diámetro grande comienza a formarse con las primeras lluvias de la estación de crecimiento. La madera tardía se produce durante los veranos secos y tiene células del xilema de diámetro pequeño en paredes delgadas. Los dos integran un anillo de crecimiento natural. Al cortar de modo transversal un tronco se observan bandas alternas porque la madera tardía y temprana refleja la luz del sol de manera diferente. Esas diferencias constituyen los anillos de crecimiento. En los trópicos dado que los cambios climáticos normales no son tan drásticos y notables éstos no son reflejados en los anillos de crecimiento de los árboles. Esa situación nos motiva a pensar que de ocurrir cambios climáticos significativos en los trópicos éstos se reflejarían en los anillos de crecimiento de los árboles.

La albura es todo el crecimiento secundario que se encuentra entre el cambium vascular y el duramen. A diferencia del duramen la albura es húmeda y por lo general es pálida.

La apariencia y funciones en la madera se van modificando a medida que el tallo o las raíces envejecen. Ante esa situación, el núcleo se transforma en duramen, un tejido seco que ya no transporta pero que ayuda a que el árbol desafíe la gravedad. Los desechos metabólicos como las resinas, los taninos, las gomas y los aceites llenan y bloquean las tuberías del xilema más antiguos (Starr y Taggart, 2007, p.506). Al oscurecerse el duramen, éste hace más fuerte y más aromático a la madera. Dicha característica es una muy apreciada por aquellos que se dedican a fabricar muebles sobre todo la clase artesanal del país. Dentro de esa perspectiva, Elpidio Collazo, el tallador de aves de Jayuya señala el “llamarle la atención el cedro por su aroma, olor y perfume así como la dureza del guayacán y la caoba” (Borrás y Dávila, 2006, p.87).

La descripción de la corteza de los árboles ofrece una serie de detalles que son útiles en la identificación de éstos. Dentro de esta perspectiva se ubica el color, el sabor y la textura. La textura de las cortezas suelen diferenciarse por ser lisas, ásperas, hendidadas o acanaladas. Una corteza hendida posee muchas grietas finas y angostas mientras que la acanalada posee una serie de surcos que se caracterizan por ser anchos y profundos.

El pino australiano (*Casuarina equisetifolia*), el cedro hembra (*Cedrela odorata*) y la jaca (*Artocarpus heterophyllus*) poseen cortezas ásperas y acanaladas.



Foto 23 Tronco del pino australiano (*Casuarina equisetifolia*)

El caucho (*Castilla elastica*) y el moralón (*Coccoloba pubescens*) poseen cortezas lisas con grietas finas.



Foto 24 Tronco de caucho (*Castilla elastica*)

La guayaba (*Psidium guajava*), la malagueta (*Pimenta racemosa*) y los eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) poseen una corteza lisa la cual se va separando o desprendiendo en tiras finas.



Foto 25 Tronco de guayaba (*Psidium guajava*)

Algunas especies arbóreas suelen desarrollar raíces desde sus troncos o ramas. A esas raíces que se ubican sobre la superficie del suelo se les denomina raíces aéreas. Ejemplos:

Palo de goma (*Ficus elastica*): posee raíces superficiales extensas así como numerosas raíces aéreas alrededor del tronco.

Jagüey blanco (*Ficus laevigata*): posee raíces aéreas que a menudo cuelgan de las ramas hasta la tierra.

Laurel de la India (*Ficus retusa*): posee numerosas raíces aéreas alrededor del tronco o colgando de las ramas inferiores semejantes a pelos.

Los troncos de los árboles suelen poseer ciertas características que son muy útiles en su identificación: anillos horizontales, látex y las espinas.

Troncos con anillos horizontales

palma de cocos (*Cocus nucifera*)

yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*)

palma de sierra (*Prestoea montana*)

Troncos con látex

panapén (*Altocarpus altilis*)

tabonuco (*Dacryodes excelsa*)

cupey (*Clusia rosea*)



Foto 26 Tronco con anillos horizontales del yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*)

Troncos con espinas

palma de corozo (*Acrocomia media*)

ceiba (*Ceiba pentandra*)

espino rubial (*Zanthoxylum martinecense*)



Foto 27 Tronco joven de un árbol de ceiba (*Ceiba pentandra*)

Nota cultural: Desde mucho antes de la generación de nuestros bisabuelos era una práctica muy común entre el campesinado del país el llevar a cabo el proceso de “capar” los árboles. Dicha práctica consistía en la utilización de un machete, hachuela o hacha para hacer unos cortes un poco más allá de la corteza de los árboles. Con esa práctica el árbol se iba debilitando poco a poco, se tornaba amarillento y moría. Nuestros antepasados sabían que esa práctica funcionaba muy bien porque el árbol carecería de alimentos que se transportaban por unos “tubitos” que la ciencia ha denominado como floema.

LAS RAMAS

Las ramas son subdivisiones del tronco las cuales forman el armazón de la copa y sostienen las hojas, flores y frutos. La copa del árbol es el conjunto de las ramas con los elementos que soportan. Las ramas se dividen en primarias, secundarias y terciarias.

Ramas primarias: son aquellas ramas que salen del tronco y son las más gruesas.

Ramas secundarias: son aquellas ramas que proceden de las ramas primarias. Soportan a las ramas terciarias.

Ramas terciarias: son aquellas ramas que proceden de las ramas secundarias. En muchos de los árboles es en este tipo de ramas donde suelen ubicarse los frutos del mismo.

Ejercicio: Establecer la similitud que existe entre las ramas de un árbol y el sistema de carreteras o el sistema circulatorio.

LAS HOJAS

Es aquella parte de las plantas que lleva a cabo el proceso de fotosíntesis. Se compone del pecíolo y la lámina. Esas dos estructuras poseen una serie de características las cuales nos permiten agruparlas en diversas categorías.

Una hoja con una lámina es simple mientras que una hoja compuesta tiene generalmente varias láminas denominadas hojuelas.

Ejercicio: Identificar tres árboles que poseen hojas simples y tres árboles que poseen hojas compuestas.

Hojas simples

mango (*Mangifera indica*)

maga (*Thespesia grandiflora*)

malagueta (*Pimenta racemosa*)

Hojas compuestas

jobo (*Spondias mombin*)

ceiba (*Ceiba pentandra*)

flamboyán rojo (*Delonix regia*)



Foto 28 Hoja simple de achiotillo (*Alchornea latifolia*)

Las hojas de los árboles se renuevan de forma progresiva. Aquellos árboles que nunca pierden todo el follaje de una vez se les denomina como “siempre verdes” o perennifolios. Otros pierden sus hojas de una vez en una estación ya fuere fría o seca. A éstos se les denomina como caducifolios. En las regiones templadas ello constituye un mecanismo de supervivencia. En la época invernal, el número de horas de luz disminuye y el agua escasea en el suelo debido a que procede a congelarse. Por esa razón la actividad fotosintética apenas podría efectuarse de forma suficiente como para compensar los nutrientes que se perderían en el esfuerzo de mantener las hojas y la cantidad de agua evaporada por ellos.

En Puerto Rico nuestra flora posee árboles siempre verdes (perennifolios) o caducifolios (se le caen las hojas). Los siguientes ejemplos ilustran lo antes mencionado.

Siempre verdes

maricao (*Byrsonima spicata*)

mango (*Mangifera indica*)

mamey (*Mammea americana*)

úcar (*Bucida buceras*)

malagueta (*Pimenta racemosa*)

yagrumo macho (*Shefflera morototoni*)

Caducifolios

ceiba (*Ceiba pentandra*)

flamboyán (*Delonix regia*)

caoba dominicana (*Swietenia mahagoni*)

caoba hondureña (*Swietenia macrophylla*)

jobo (*Spondias mombin*)

jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*)



Foto 29 Árbol caducifolio de ceiba (*Ceiba pentandra*)

Actividad: Identificar tres árboles siempre verdes y tres caducifolios no incluidos en la lista anterior.

Lámina: parte de la hoja donde se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis. Las láminas de las hojas poseen diversas formas y tamaños los cuales son muy útiles en la identificación o clasificación de las especies arbóreas.

Una hoja circular posee la lámina más o menos en forma de círculo. Ejemplo de ello son los siguientes:

moralón (*Coccoloba pubescens*)

ortegón (*Coccoloba swartzii*)

uva de playa (*Coccoloba uvifera*)



Foto 30 Hoja circular de la uva de playa (*Coccoloba uvifera*)

Una hoja ovada tiene la forma de un oval (semejante a un huevo) pero es más ancha hacia la base en relación al ápice. Ejemplo de ello son las siguientes especies:

magó (*Hernandia sonora*)

rascaso (*Euphorbia petiolaris*)

Una hoja obovada tiene la forma oval pero es más ancha hacia el ápice. Ejemplo de ello son las siguientes especies:

canelón (*Ocotea nemodaphne*)

pajuil (*Anacardium occidentale*)

almendra (*Terminalia catappa*)

cupey (*Clusia rosea*)



Foto 31 Hoja obovada de almendra (*Terminalia catappa*)

Una hoja lobulada posee entrantes y salientes redondeados. Ejemplo de ello lo constituye el panapén (*Artocarpus altilis*) y la anacaguita (*Sterculia apetala*).



Foto 32 Hoja lobulada de anacaguita (*Sterculia apetala*)

Una hoja ondulada posee pequeños entrantes con márgenes suaves como alas. Un ejemplo representativo de ello lo es el cedro macho (*Hyeronima clusioides*).

Una hoja linear posee su lámina estrecha (semejante a las gramíneas) con márgenes paralelos.

Una hoja lanceolada posee la lámina en forma de lanza. Es más larga que ancha. Es puntiaguda en el ápice o punta y más ancha cerca de la base. Ejemplo de ello lo es el mango (*Mangifera indica*). Esta especie arbórea es el árbol oficial de los municipios de Orocovis y Mayagüez.

Una hoja oblanceolada posee la parte más ancha de la lámina hacia el ápice. Ejemplo de ello es el granadillo (*Buchenavia capitata*).

Una hoja elíptica posee forma de oval pero la lámina es más ancha hacia el centro. Ejemplos ilustrativos lo constituyen la maría (*Calophyllum calaba*) y el mamey (*Mammea americana*). El mamey es a su vez el árbol oficial del municipio de Guaynabo.



Ilust. 4 Hoja elíptica de mamey (*Mammea americana*)

Una hoja espatulata posee la lámina en forma de espátula o cuchara. Ejemplo de ello lo es la higüera (*Crescentia cujete*) el cual es el árbol oficial del municipio de Barceloneta.

Una hoja es acicular si posee forma de aguja. Ejemplo de ello lo representa el pino australiano (*Casuarina equisetifolia*).



Foto 33 Hoja acicular del pino australiano (*Casuarina equisetifolia*)

Una hoja es acorazada si la lámina posee forma de corazón. Ejemplos representativos lo constituyen la maga (*Thespesia grandiflora*), el molinillo (*Hura crepitans*) y la emajagua (*Hibiscus tiliaceus*).



Foto 34 Hoja acorazonada de la emajagua (*Hibiscus tiliaceus*)

Una hoja es considerada sagitada si la lámina posee forma de alabarda, o sea, un arma antigua la cual combina la lanza y el hacha.

Una hoja es peltada si su lámina es en forma de sombrilla. Ejemplos ilustrativos de ello son la anacaguita (*Sterculia apetala*) y el yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*).



Las hojas compuestas a su vez presentan arreglos en sus hojuelas las cuales son muy útiles en su identificación. Dentro de esa perspectiva los arreglos de las hojuelas asemejan a los de las láminas de las hojas. Por otro lado, también presentan otras características que son de gran utilidad en su identificación: pinadas o digitadas.

Las hojas compuestas son pinadas cuando las hojuelas están dispuestas a lo largo de un eje común. Ejemplo de ello son el tamarindo (*Tamarindus indica*) y el guamá (*Inga laurina*).



Ilust. 5 Hoja compuesta pinada del tamarindo

No obstante, éstas pueden ser doblemente pinadas, o sea, bipinadas. Ejemplos de hojas compuestas bipinadas la ofrece el samán (*Pithecellobium saman*), el flamboyán amarillo (*Peltophorum pterocarpum*), el flamboyán rojo (*Delonix regia*) y la albizia (*Albizia procera*).

Ilust. 6 Hoja compuesta bipinada de albizia (*Albizia procera*)

Las hojas pinadas a su vez se clasifican en paripinadas cuando las hojuelas están en pares y terminan en un par de hojuelas como la acacia amarilla (*Albizia lebeck*) o imparipinadas cuando terminan en una hojuela como la masa (*Tetragastris balsamifera*) y la moca (*Andira inermis*).



Foto 35 Hoja compuesta paripinadas de la acacia amarilla (*Albizia lebeck*)

Las hojas compuestas son digitadas cuando las hojuelas se agrupan en el extremo del pecíolo. Ejemplo de ello lo constituye el yagrumo macho (*Schefflera morototoni*).



Foto 36 Hoja compuesta y digitada del yagrumo macho (*Didymopanax morototoni*)

Los bordes de las láminas o las hojuelas poseen una serie de variantes que son muy útiles en la clasificación de las especies arbóreas: dentadas, aserradas, lisas, márgenes hacia dentro.

Hojas de bordes dentados

achiotillo (*Alchornea latifolia*)

palo blanco (*Casearea guianensis*)

caracolillo (*Homalium racemosum*)

Hojas de bordes aserrados

dilenia (*Dillenia indica*)

roble amarillo (*Tecoma stans*)

alelaila (*Melia azedarach*)

Hojas de bordes lisos

úcar (*Bucida buceras*)

mangle botón (*Conocarpus erectus*)

almendra (*Terminalia catappa*)

Hojas con bordes hacia dentro

malagueta (*Pimenta racemosa*)

ausubo (*Manilkara bidentata*)

uva de playa (*Coccoloba uvifera*)



Foto 37 Hoja compuesta con bordes aserrados del roble amarillo (*Tecoma stans*)



Foto 38 Hoja compuesta con bordes dentados de caracolillo (*Homalium racemosum*)

Pecíolo: Parte de la hoja que une la lámina de ésta a las ramas de los árboles. Los pecíolos de las plantas poseen diferentes tamaños (cortos o largos), grosor (anchos o finos) y forma.

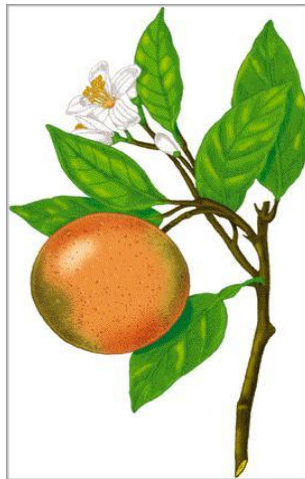
El yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*) posee un pecíolo largo y grueso. En cambio el guamá (*Inga laurina*) y la pomarroja (*Syzygium jambos*) apenas poseen pecíolos.



Ilust. 7 Hoja de pecíolo largo de yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*)

Algunas especies poseen unas alas anchas en ambos lados del pecíolo de las hojas. Ejemplo de ello son las siguientes especies: naranja agria (*Citrus aurantium*) y la toronja (*Citrus paradisi*).

En otras especies las alas de los pecíolos son muy angostas. Ejemplo de ello son las siguientes: china (*Citrus sinensis*) y el limón agrio (*Citrus aurantifolia*).



Ilust. 8 Hoja con alas anchas a ambos lados del pecíolo de la china/ naranja dulce (*Citrus sinensis*)

Nudo: El punto en una rama donde se inserta una o más hojas se llama nudo. El arreglo de las hojas con respecto al nudo de las ramas posee varias diferencias (hojas alternas, opuestas y verticiladas). Ese arreglo es de suma importancia en el proceso de identificación de las plantas.

Las hojas alternas son aquellas que están solas en cada nudo. Ejemplo de ello son el cafeillo (*Casearia sylvestris*) y el eucalipto (*Eucalyptus robusta*).



Foto 39 Hojuelas alternas de palo blanco (*Casearia arborea*)

Las hojas opuestas son aquellas hojas que están colocadas en un número de dos por nudo y cada una en el lado opuesto de la otra. Ejemplo de ello es el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y la guayabota (*Eugenia stahlia*).



Foto 40 Hojas opuestas de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)

Las hojas son verticiladas cuando están insertas tres o más en un solo nudo. Ejemplo de ello es el higüero (*Crescentia cujete*).



Foto 41 Hojas verticiladas del higüero (*Crescentia cujete*)

Las hojas son digitadas (o palmeadas) cuando están agrupadas en el extremo del pecíolo. Ejemplo de ello es el yagrumo macho (*Schefflera morototoni*).

Venación: es el arreglo de las venas en la lámina. Éstas ofrecen unas características que nos auxilian en la clasificación de las plantas. Dentro de esa perspectiva se destacan la venación paralelinervia (las venas están juntas y corren paralelas), parinervia (hay una vena central con ramificaciones laterales a ambos lados) y la palmeada (salen varios nervios de la base de la lámina y se ramifican como los dedos de la mano).

Paralelinervia: bambú (*Bambusa vulgaris*)

Parinervia: guanábana (*Annona muricata*)

Palmeada: anacaguita (*Sterculia apelata*)



Foto 42 Venación paralelinervia del bambú (*Bambusa vulgaris*)



Foto 43 Venación parinervia de la guanábana (*Annona muricata*)



Foto 44 Venación palmeada de la hoja compuesta de la ceiba (*Ceiba pentandra*)

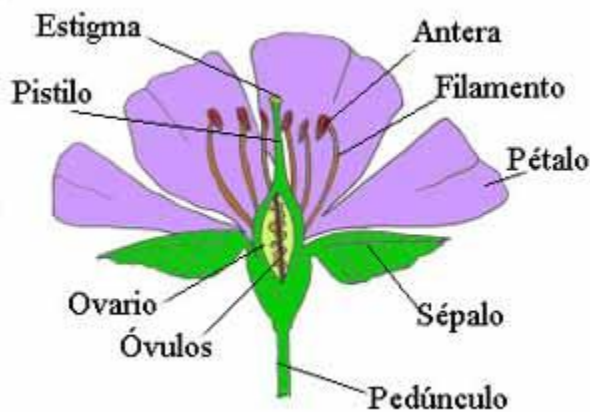
LAS FLORES

Las flores y los frutos así como los órganos reproductivos son las partes más importantes en la clasificación e identificación de aquellos árboles y plantas que poseen flores (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.XXX). De una flor brotan las semillas las cuales producen nuevos individuos para de esa forma asegurar la supervivencia de la especie.

La flor es un tallo modificado que sostiene círculos de hojas especializadas conocidas como cáliz, corola, estambres y pistilos (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.XXX). El cáliz, está compuesto de hojas reducidas por lo regular de color verde, llamados sépalos. La corola consiste de partes más grandes y usualmente de colores, llamados pétalos. Los sépalos que componen el cáliz pueden estar unidos entre sí. Al estar en esa condición se les denomina como gamosépalo pero si se encuentran libres se les conoce como corisépalos (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 6, p.292). Si el cáliz cae antes de que la flor madure se conoce como fugaz; si lo hace al mismo tiempo que la

corola es deciduo y si permanece después de haberse marchitado la flor se llama persistente. Por otro lado, si los sépalos están cubiertos de pelos se denominan cáliz tomentoso pero si carecen de ellos se les denomina como cáliz glabro. No obstante, la corola ofrece una gran variedad de formas y colores.

Ilust. 9 Partes de la flor



Los pétalos son unas piezas muy finas y delicadas que pueden alcanzar gran tamaño y notable vistosidad y belleza. Los pétalos que forman la corola pueden estar a su vez soldados (gamopétalos) pero si se encuentran libres se denominan como dialipétalos. De hecho, la mayor parte de las flores son dialipétalos (Enciclopedia Hispánica-Macropedia 1990-1991, Vol. 6, p.292). El perianto se compone del cáliz y la corola. Los estambres u órganos

masculinos de la flor poseen un filamento o tallo y una antera u órgano agrandado, generalmente de color amarillo que contiene el polen.

En el centro de la flor hay generalmente un pistilo u órgano femenino. El pistilo posee tres partes: ovario, el cual es la parte agrandada de la base, el estilo o tallo del ovario y el estigma, o sea, un extremo generalmente pegajoso que recibe el polen.

Generalmente las flores poseen estambres y pistilos, o sea, ambos sexos. Son flores masculinas cuando solo poseen estambres y carecen de pistilos. Son flores femeninas si poseen pistilo pero carecen de estambres.

Una especie con flores femeninas y masculinas en la misma planta es monoica mientras que aquella especie que posee los diferentes sexos en distintas plantas es dioica (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 6, p.293).

Ejemplos de árboles con flores dioicas son las siguientes: calambreña (*Coccoloba venosa*), triplaris (*Triplaris cumingiana*) y el corcho bobo (*Pisonia subcordata*).

Ejemplos de árboles con flores monoicas son las siguientes: sabinón (*Croton poecilanthus*), yaití (*Gymnanthes lucida*) y la guacimilla (*Trema micrantha*).

Una flor es denominada polígama cuando lleva al mismo tiempo flores unisexuales y hermafroditas. Ejemplo de lo antes descrito son las siguientes especies arbóreas: serrasuela (*Thouinia portoricensis*) y el mamey (*Mammea americana*).

Las flores suelen poseer diversos coloridos, especialmente en los pétalos que forman la corola. Dicha característica resulta de gran utilidad en la identificación de las especies arbóreas.

Flores blancas

café (*Coffea arabica*)

algarrobo (*Hymenaea courbaril*)

morinda (*Morinda citrifolia*)

Flores azules

guayacán (*Guaiaacum officinale*)

jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*)

guayacán blanco (*Guaiaacum sanctum*)



Foto 45 Flor blanca del café (*Coffea arabica*)

Flores amarillas

roble amarillo (*Tecoma stans*)

flamboyán amarillo (*Peltophorum
pterocarpum*)

Flores rosadas

roble blanco (*Tabebuia heterophylla*)

casia rosada (*Cassia javanica*)



Foto 46 Flores del flamboyán amarillo (*Peltophorum pterocarpum*)

Flores verdosas

tabonuco (*Dacryodes excelsa*)

corcho bobo (*Pisonia subcordata*)

Flores violetas

violeta (*Polygala cowellii*)

No obstante, existen otras series de combinaciones o matices de color. Entre ellas se ubican las siguientes:

rosado a púrpura

moca (*Andira inermis*)

púrpura pálido

alelaila (*Melia azedarach*)

rosa con puntos rojos

mariposa (*Bauhinia monandra*)

amarilloso verdoso

ilán ilán (*Cananga odorata*)

aguacate (*Persea americana*)



Foto 47 Flores amarillo verdoso del aguacate (*Persea americana*)



Foto 48 Flor roja anaranjada del flamboyán rojo (*Delonix regia*)

rojo anaranjado

flamboyán rojo (*Delonix regia*)

Las flores de las especies arbóreas poseen un variado cuadro de aromas o fragancias los cuales nos ayudan a identificar las especies apelando al sentido del olfato. Dentro de esa perspectiva, se ubican los siguientes ejemplos

guayacán (*Guaiacum officinale*)

naranja agria (*Citrus aurantium*)

guaraguo (*Guarea guidonea*)

Las flores suelen encontrarse de forma solitaria o de forma numerosa. Dicha característica es también muy útil en la clasificación de las especies arbóreas.

Flores solitarias

maga (*Thespesia grandiflora*)

toronja (*Citrus paradisi*)

limón de cabro (*Citrus limon*)



Foto 49 Flor solitaria de la maga (*Thespesia grandiflora*)



Flores numerosas

guaraguo (*Guarea guidonea*)

anacagueta (*Sterculia apétala*)

yagrumo macho (*Schefflera morototoni*)

Foto 50 Flores numerosas de color rosado a púrpura de la moca (*Andira inermis*)

La disposición o arreglo de las flores y por consecuencia de sus frutos se denomina como inflorescencia. La inflorescencia es a su vez una de las características de gran utilidad en la clasificación de las plantas.

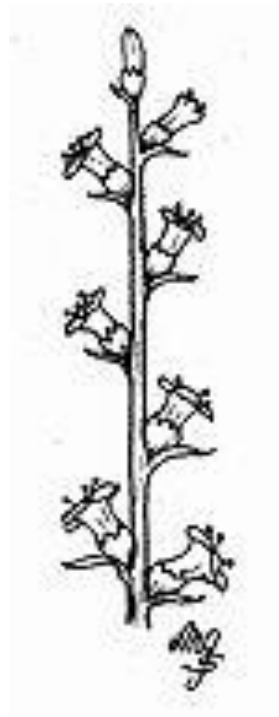
La inflorescencia puede ser simple o compuesta. Una inflorescencia es simple cuando presentan la misma estructura todas las flores. Una inflorescencia es compuesta cuando dentro de una estructura compleja se localiza a otras estructuras simples.

Entre las principales inflorescencia simples se ubican los racimos, las espigas, las umbelas y el corimbo. Dentro de esa perspectiva, la inflorescencia simple ofrece una gran aportación al colorido del paisaje.

En los racimos las flores están colocadas a lo largo de un eje floral con los respectivos pedúnculos. Ejemplo de ello lo constituye la flor del aguacate (*Persea americana*). No obstante, los racimos se dividen entre terminales o laterales.

El racimo es terminal cuando se localiza en el ápice o extremo de una rama. Esa es la situación con la uva de playa (*Coccoloba uvifera*). El racimo es considerado como lateral cuando sale de la base de una hoja o es al lado de una ramita como el café (*Coffea arabica*).

Las espigas son inflorescencia parecida al racimo pero con las flores sin pedúnculos. A este tipo de flor se le denomina como sentada. Ejemplos de flores con inflorescencia tipo espiga son el ortegón (*Coccoloba swartzii*), el guamá (*Inga laurina*) y la bayahonda (*Prosopis pallida*).

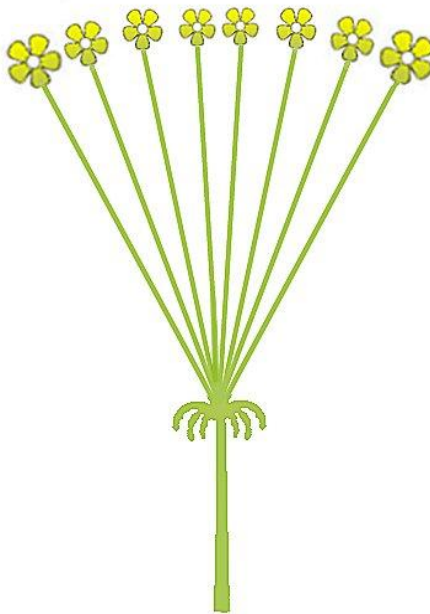


Ilust. 10 Esquema general de flor con inflorescencia tipo espiga



Foto 51 Flor tipo espiga de la bayahonda (*Prosopis pallida*)

La umbela es un racimo que se forma por varias flores redunculadas que parten de un mismo punto y alcanzan la misma altura. Ejemplo de ello son las flores de las siguientes especies arbóreas: guamá venezolano (*Inga quaternata*), guayacán (*Guaiacum officinale*) y el rabo de ratón (*Casearia arborea*).



Ilust. 11 Esquema general de flor con inflorescencia tipo umbela



Foto 52 Flor tipo umbela del guayacán (*Guaiacum officinale*)

El corimbo es un racimo en la cual las flores redunculadas surgen de distintos puntos y llegan a la misma altura. Ejemplo de ello: barbasco (*Canella winteriana*), la pomarrosa (*Syzygium jambos*) y el tabacón (*Solanum rugosum*).



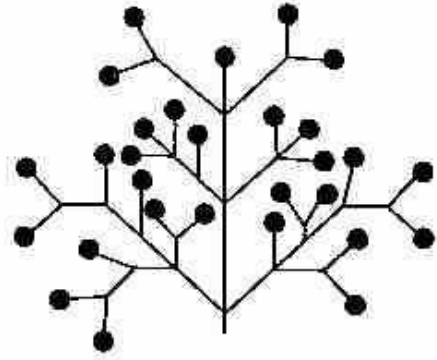
Ilust. 12 Esquema general de flor con inflorescencia tipo corimbo



Foto 53 Flor tipo corimbo de la pomarrosa (*Syzygium jambos*)

Una panícula se define como un racimo compuesto con el eje floral ramificado (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.XXX). En ella los racimos van decreciendo de tamaño

desde el ápice a la base. Dentro de ese contexto dan la impresión de una estructura piramidal. Ejemplos de flores tipo panícula se encuentran en las especies arbóreas siguientes: casia rosada (*Cassia javanica*), algarrobo (*Hymenaea courbaril*) y el flamboyán amarillo (*Peltophorum pterocarpum*).



Ilust. 13 Esquema general de flor con inflorescencia tipo panícula



Foto 54 Flor tipo panícula del almácigo (*Bursera simaruba*)

La cabezuela son flores sentadas, o sea, sin pedúnculo, que salen en el extremo de un mismo pedúnculo floral. Aunque la apariencia parece ser de una sola flor, se trata en realidad de un agregado de éstas. Ejemplo de especies arbóreas con ese tipo de inflorescencia son los siguientes: aroma (*Acacia farnesiana*) y la zarcilla (*Leucaena leucocephala*).



Foto 55 Flor tipo cabezuela del aroma (*Acacia farnesiana*)

La cima es una especie de racimo floral en la cual el eje principal termina en una flor y las otras flores en ramas debajo de ésta. Dentro de esa perspectiva, la cima ofrece varios arreglos distintivos. Entre las especies arbóreas que poseen este tipo de inflorescencia se ubica el cupeíllo (*Clusia clusioides*), el mago (*Hernandia sonora*) y el bariaco (*Krugiodendron ferreum*).



Foto 56 Flor tipo cima del mago (*Hernandia sonora*)

Las flores surgen a partir de capullos o botones florales distribuidos por diferentes puntos de las ramas y se desarrollan dependiendo de diversos factores hormonales, fisiológicos y ambientales. El acto de abrirse las flores se llama floración y las características de éstas así como de la época de año en que se produce o la duración de la flor varían con las especies. En algunas especies las flores brotan antes que las hojas; otras florecen en primavera. Ciertas especies no emiten flores si las condiciones del suelo, la temperatura e iluminación no son las óptimas y en cualquier caso para que la floración sea profusa la mayoría de los vegetales requieren que el crecimiento y desarrollo vegetativo sean adecuados.

DE LA FLOR A LA SEMILLA Y AL FRUTO

La producción de polen tiene lugar en los sacos polínicos, que son estructuras que se encuentran en las anteras de los estambres. Al abrirse éstos, el polen queda libre y llega al estigma de la flor. Algunas especies se autofecundan, es decir, el polen entra en el estigma de la propia flor pero eso no es lo corriente. Lo normal es que se efectúe la polinización cruzada y de que los granos de polen se unan a las células femeninas correspondientes de otra flor de la misma especie. El polen puede ser llevado o transportado por el viento, por los insectos o por el ser humano. El que se efectúa por los insectos es un proceso típico de todas las plantas que poseen flores vistosas y que a menudo se encuentran perfumadas con la finalidad de atraer a estos animales. En lo que respecta a nuestra sociedad o a la actividad agrícola se destaca la polinización artificial. Gracias a ello se ha producido un gran número de nuevas variedades contribuyendo de forma destacada, entre otras ramas, en la horticultura y la floricultura.

La fecundación se produce cuando el grano de polen germina en el estigma y emite una especie de tubo o prolongación denominado tubo polínico el cual se introduce hasta alcanzar el óvulo y entra en el saco embrionario. En el óvulo en conjunto da origen a las semillas de las plantas, que asegurarán la continuidad de la especie, mientras que el ovario modificado y maduro produce el fruto.

Una vez que se efectúa la fecundación, la flor entra en regresión y se va marchitando. Si la planta es anual se morirá y la semilla quedará enterrada en el suelo para germinar al año siguiente.

Nota cultural: En Puerto Rico, según la tradición oral, la abundancia de la flor del café o aguacate y por consiguiente de sus respectivos frutos, solía interpretarse como un indicador de temporada ciclónica o huracanada. Por tal motivo, en otras épocas, la producción o floración de esas especies guardaba una relación directa para con las predicciones del tiempo.

LOS FRUTOS

El fruto es el ovario, o sea, la parte fundamental del aparato reproductivo femenino de la flor de las plantas superiores, que es transformado y se madura una vez ocurre la fecundación. En el transcurso de ese proceso, las células sexuales masculinas, que están contenidas en los granos de polen, se unen a los óvulos que están encerrados en el ovario y dan lugar a las semillas.

Los frutos son útiles en la identificación de las especies debido a que persisten por períodos más largos que los correspondientes a las flores (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.XXXI). Por otro lado, es muy usual el ubicarles debajo de sus respectivos árboles cuando éstos caen y de que las diversas especies arbóreas desarrollan y poseen sus frutos en semejantes, iguales o diferentes épocas. El fruto a su vez está a cargo de la protección de las semillas así como de asegurar de su dispersión.

Las frutas se dividen en secos o carnosos, o sea, jugosos o succulentos. Un fruto seco son aquellos que no poseen una textura blanda cuando están maduros. Al presionar sobre ellos no están blandos. La palma de cocos *Cocos nucifera* L. y la palma de corozo *Acrocomia media* O.F. Cook constituyen ejemplos de frutos secos.



Foto 57 Frutos de la palma de cocos (*Cocos nucifera*)

A su vez éstos se subdividen en dehiscentes, o sea, aquel fruto que al madurar se abre para permitir la liberación de las semillas o indehiscentes, los cuales son aquellos frutos que maduran sin dar a luz la semilla.

Ejemplos de frutos secos correspondientes a árboles cuyos frutos maduran sin dar a luz a la semilla son los siguientes: palma de cocos (*Cocos nucifera* L.), palma de corozo (*Acrocomia media* O.F. Cook) y la nuez moscada (*Ocotea moschata*).

Entre los árboles cuyo fruto es seco y al madurar se abren para liberar las semillas se encuentran: el roble blanco (*Tabebuia heterophylla*) y el tulipán africano (*Spathodea campanulata*). Éstos poseen aproximadamente 21,000 y 57,000 semillas por libra respectivamente.



Foto 58 Fruto y semillas del tulipán africano/meaíto (*Spathodea campanulata*)

Ejemplos de frutos carnosos que son dehiscentes son los siguientes: la guanábana (*Annona muricata*), el corazón (*Annona reticulata*), el aguacate (*Persea americana*) y la china (*Citrus sinensis*).



Foto 59 Fruto carnosos de la guanábana (*Annona muricata*)

Ejemplos de árboles cuyo fruto es carnosos y al madurar no se libera la semilla son los siguientes: el mamey (*Mammea americana*), el mango (*Mangifera indica*) y la almendra (*Terminalia catappa*).



Foto 60 Frutos del mango (*Mangifera indica*)

Los frutos según su desarrollo se clasifican en simples, agregados o múltiples.

Comúnmente el fruto se origina de un pistilo sencillo y es simple. Ejemplo de frutos sencillos son los siguientes: mango (*Mangifera indica*) y el jobo (*Spondias mombin*).

Un fruto derivado de varios pistilos de una flor es agregado. Ejemplo de frutos agregados son los siguientes: corazón (*Annona reticulata*), la guanábana (*Annona muricata*) y el anón (*Annona squamosa*).

Un fruto es reconocido como múltiple si es derivado de varias flores unidas.

LOS NUTRIENTES DE LAS PLANTAS

Los árboles así como las plantas necesitan en adición al agua, el aire, la luz y una temperatura adecuada, de nutrientes para crecer, desarrollarse y sobrevivir. Tales nutrientes o elementos químicos se dividen en dos grandes grupos: nutrientes no minerales y nutrientes minerales. La literatura científica que se ha revisado señala información sobre unos dieciséis nutrientes. No obstante, concuerdo con el Dr. Ariel E. Lugo de que éstos dieciséis nutrientes sean, al día de hoy, los más importantes y mejor estudiados pero es posible que los árboles utilicen otros adicionales. Por otro lado, ciertos elementos son requeridos solo por algunos grupos de plantas. Dentro de esa perspectiva figura el aluminio por los helechos (Larcher, 1995, p.180).

Los nutrientes no minerales son el hidrógeno, el oxígeno y el carbono. Las plantas así como los árboles obtienen tales nutrientes del aire y del agua. En el proceso de fotosíntesis, las plantas usan la energía del sol para transformar el dióxido de carbono (carbono y oxígeno) y agua (hidrógeno y oxígeno) en almidones y azúcares los cuales se constituyen en alimento para las plantas.

Los restantes trece nutrientes, los minerales, provienen del suelo y se encuentran disueltos en el agua y son absorbidos a través de las raíces de las plantas. Los nutrientes minerales se subdividen a su vez en dos categorías a base de las cantidades que son requeridas por las plantas: macro y micronutrientes. Los macronutrientes, o sea, aquellos nutrientes que las plantas necesitan en mayores cantidades se subdividen a su vez en dos grupos: primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y secundarios (calcio, magnesio y sulfuro) (Johnson y Raven, 2006, p. 512). Los macronutrientes se requieren en una cantidad superior al 0.05% del peso seco de la planta (Johnson y Raven, 2006, p.512). Ese es el peso de la planta luego de remover toda el agua de su organismo. El carbono, el hidrógeno y el oxígeno se encuentran disponibles de forma abundante en el dióxido de carbono y el agua. Los micronutrientes, o sea, aquellos minerales que las plantas utilizan en menores cantidades (trazas) son los siguientes: hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, molibdeno y cloro. Las trazas se definen por lo general en partes por millón.

Los nutrientes de las plantas son esenciales para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de las plantas. No obstante, dichos procesos están limitados por la disponibilidad de esos nutrientes. Ocasionalmente dos o más nutrientes pueden escasear en las plantas. Sin embargo, si tales deficiencias o sobreabundancia se llevan a cabo las plantas pueden ofrecer un panorama de descolorido o de deformidades. Los síntomas de deficiencias nutricionales de las plantas nos ayudan a identificar cual o cuales nutrientes son necesarios. No obstante, ese marco escénico varía de una planta a otra. Ante esa

circunstancia una prueba química de suelo o de las hojas puede indicarnos la situación respectiva relativa a los nutrientes del suelo.

El nitrógeno estimula el desarrollo de las hojas, las raíces y el tallo e incrementa la producción de frutos y semillas. Por otro lado, constituye parte de la clorofila (pigmento verde de las plantas el cual es responsable de la fotosíntesis), y es parte de todas las células vivas, es parte esencial de todas las proteínas, enzimas y procesos metabólicos requeridos en la síntesis y transferencia de la energía (Brady y Weil, 2002, p.544).

El fósforo es una parte esencial en el proceso de fotosíntesis y el rápido crecimiento de las plantas. A su vez juega un papel primordial en el crecimiento de las semillas así como de su germinación, en la producción de flores y frutos y en el crecimiento de las raíces (Brady y Weil, 2002, p.593).

El potasio promueve un vigor general de las plantas, resistencia a las enfermedades, un crecimiento robusto y aumenta la capacidad de las raíces para absorber agua del suelo (Brady y Weil, 2002, p.622). El potasio también ayuda en la síntesis de las proteínas, en la fotosíntesis y en la calidad de los frutos y las semillas.

El calcio es el principal componente de las paredes celulares de las plantas y es muy importante en el crecimiento de las raíces especialmente de sus extremidades o puntas (Brady y Weil, 2002, p.404). Por otro lado promueve el transporte y la retención normal de otros elementos así como de contribuir al fortalecimiento de las plantas.

El magnesio es un componente de las moléculas y juega un papel destacado en el proceso vital de la clorofila (Brady y Weil, 2002, p.407).

El sulfuro lleva a cabo una serie de procesos y es de vital importancia para las plantas (Brady y Weil, 2002, p.575). Es esencial para la producción de proteínas, promueve la actividad y desarrollo de enzimas y vitaminas, ayuda en la formación de la clorofila, interviene en la calidad del crecimiento de las raíces y en la producción de semillas y ayuda en el crecimiento vigoroso de las plantas.

Los micronutrientes llevan a cabo una serie de funciones, en cierta medida, y en muchos casos parecidas a los macronutrientes tales como en el funcionamiento de un variado sistema de enzimas. No obstante, al igual que con los macronutrientes aún se requiere de mucha investigación para determinar los efectos de éstos en las especies arbóreas.

El hierro es esencial en la formación de la clorofila (Brady y Weil, 2002, p.641).

El níquel es vital en la absorción del hierro y es necesario en el desarrollo de las semillas (Brady y Weil, 2002, p.641).

El manganeso es un catalizador de muchas enzimas. También interviene en el metabolismo, asimilación del nitrógeno y en el proceso de fotosíntesis (Brady y Weil, 2002, p. 641).

El boro es necesario en los procesos de la división celular y en la síntesis de las hormonas (Brady y Weil, 2002, p.641). También facilita la translocación de los azúcares.

El zinc promueve la formación de almidones, interviene en la producción y maduración de las semillas y en las hormonas de crecimiento (Brady y Weil, 2002, p.641).

El cobre es importante en el proceso de fotosíntesis, en el metabolismo de las proteínas y los carbohidratos (Brady y Weil, 2002, p.641).

El molibdeno es necesario en la fijación y asimilación del nitrógeno (Brady y Weil, 2002, p.641).

El rol del cloro aún no está claro pero sí se conoce sobre su influencia en la fotosíntesis y en el crecimiento de las raíces (Brady y Weil, 2002, p.641).

El cobalto es esencial en la fijación del nitrógeno (Brady y Weil, 2002, p.641).

Tabla 1 Nutrientes minerales y no minerales de las plantas (Johnson y Raven, 2006, p.512.)

MINERALES			NO MINERALES
Macronutrientes Primarios	Macronutrientes Secundarios	Micronutrientes	
Nitrógeno	Calcio	Hierro, Zinc, Cloro	Hidrógeno
Fósforo	Magnesio	Manganeso, Cobre,	Oxígeno
Potasio	Sulfuro	Boro, Molibdeno	Carbono

Tabla 2 Síntomas de deficiencias de nutrientes en las plantas (Johnson y Raven, 2006, p. 512.)

Nutriente	Deficiencias
Carbono Hidrógeno Oxígeno	No producen síntomas. Los tres macronutrientes se encuentran disponibles en abundancia del agua y del bióxido de carbono.
Nitrógeno	Detención del crecimiento. Las hojas jóvenes se hacen amarillentas y mueren (éstos son síntomas de clorosis).
Potasio	Reducción del crecimiento. Hojas enroscadas, moteadas o con manchas; bordes de las hojas quemados; planta débil.
Calcio	Yemas terminales se marchitan; hojas deformadas; raíces que se desarrollan poco.
Magnesio	Clorosis; caída de las hojas.
Fósforo	Venas color púrpura; detención del crecimiento, menor número de semillas y frutos.
Azufre	Hojas color claro o amarillentas; reducción del crecimiento.
Cloro	Marchitamiento; clorosis; algunas hojas mueren.
Hierro	Clorosis; tiras amarillentas y verdes en las hojas del pasto.
Boro	Yemas terminales y ramas laterales mueren; hojas engrosadas, enroscadas y quebradizas.
Manganeso	Venas oscuras pero las hojas se blanquean y caen.
Zinc	Clorosis; hojas moteadas o bronceadas; raíces anormales.
Cobre	Clorosis; manchas muertas en las hojas; detención del crecimiento.
Molibdeno	Hojas de color verde pálido enroscadas o en forma de copa.

NOMBRES CIENTÍFICOS

Los nombres científicos de los árboles constituyen la forma en la cual los botánicos, los dasónomos y otros científicos se comunican entre sí para referirse a cada especie arbórea. Para lograr ese objetivo se diseñaron varias reglas o nomenclaturas que facilitan dicha comunicación verbal y escrita. Ante esa circunstancia se adoptó el uso del latín como la lengua de comunicación universal del mundo científico. Por tanto, cada especie arbórea posee un nombre científico. No obstante, en muchas ocasiones los nombres científicos poseen un sinónimo botánico, el cual fue utilizado con anterioridad. Ello implica que los

nombres científicos están sujetos a cambios pero para realizar dichos cambios se requiere el seguir las instrucciones o directrices que se han establecido sobre ese particular. Entre las reglas que utilizan los técnicos y científicos figura el que el nombre científico de los árboles se escribe en latín.

El nombre científico de los árboles consta de dos palabras: el nombre genérico que se capitaliza y el calificativo específico (Gledhill, 1994, pp. 31, 37). En algunas especies se distinguen variedades por el empleo de una tercera palabra precedida por la abreviatura “var.”. La literatura y las publicaciones técnicas también poseen el nombre del botánico, o autor que le dio el nombre y/o describió la especie. En ocasiones el nombre de la especie cambia. Cuando ello sucede el nombre del autor se escribe entre paréntesis seguido por el segundo autor, el cual realizó el cambio. Los siguientes ejemplos ilustran lo antes descrito.

palma de corozo	<i>Acrocomia media</i> O. F. Cook
palma de lluvia	<i>Guassia attenuata</i> (O.F. Cook) Becan
pino caribeño	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>

En ocasiones los nombres científicos de un árbol hacen referencia o memoria de alguna persona que posee o no alguna relación con la botánica. Los siguientes ejemplos ilustran esa situación:

Palma real *Roystonea borinquena*. El nombre genérico honra a un militar norteamericano, Roy Stone, el cual sirvió en Puerto Rico durante la Guerra Hispanoamericana.

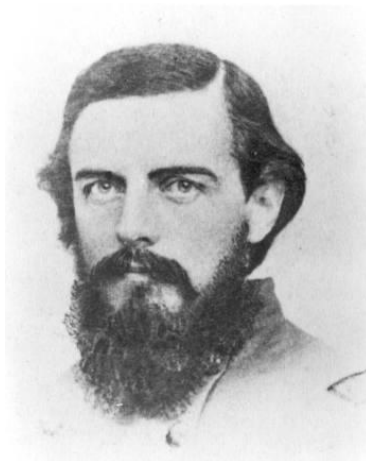


Foto 61 Roy Stone

La guayabota (*Eugenia stahlii*) y la cobana negra (*Stahlia monosperma*) honran la memoria del Dr. Agustín Stahl Stamm, médico botánico que nació en Curazao pero que fue bautizado en Aguadilla en 1842. Aunque su padre y su madre eran de nacionalidad alemana y holandesa respectivamente, éste se consideraba a sí mismo como puertorriqueño. De hecho, el Dr. Stahl Stamm es reconocido por muchos como el boricua que más se destacó en el mundo de las ciencias del siglo XIX.



Foto 62 Dr. Agustín Stahl Stamm

La violeta (*Polygala cowellii*) honra la memoria de John Francis Cowell quien fuera el primer Director del Jardín Botánico de Buffalo, Nueva York (Gier, 1990, p.7). Éste ayudó a coleccionar en los Baños de Coamo, el espécimen botánico al que se hace referencia (Britton, 1915, p.193).

Ejercicio: Identificar tres nombres científicos de árboles que hacen referencia a personas.

En otras ocasiones los nombres científicos de los árboles hacen referencia a su lugar de origen, o de aquel lugar donde primero fue descrita.

jaguilla (*Magnolia portoricensis*)

casia de Siam (*Cassia siamea*)

Manzana malaya (*Eugenia malaccensi*). La manzana malaya probablemente es nativa del Archipiélago Malayo o de la Península de Malaya.

Café (*Coffea arabica*) Es nativo del Abisinia, pero fue introducido temprano en Arabia en el siglo XIV.

Existen nombres científicos de árboles que hacen alusión a una zona en específico en donde guarda una relación de origen o de distribución.

Mamey (*Mammea americana*) Es un árbol frutal cuyo nombre genérico se deriva del nombre vulgar antillano.

Aguacate (*Persea americana*) Es oriundo de los trópicos americanos probablemente de México y la América Central, pero no de las Antillas.

Guara (*Cupania americana*) En las Antillas Mayores, en algunas de las Antillas Menores, Colombia y Venezuela.

Pinus caribaea. Existen tres variedades geográficas de la especie. Entre ellas figura *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

Ejercicio: Identificar tres nombres científicos de árboles que hacen alusión a su lugar de procedencia

NOMBRES VULGARES

El nombre vulgar de un árbol es aquel nombre que ha sido otorgado a través del tiempo por la gente común, o sea, que es una palabra que emana o procede del pueblo. Sin embargo, algunos árboles se les designan con dos o más nombres vulgares. Ejemplo de ello es el siguiente: china, naranja dulce, palo de china. Por otro lado, un mismo nombre vulgar puede estar haciendo referencia a dos árboles que en términos botánicos son completamente diferentes. Ejemplo de ello lo constituye “palo de matos” (*Ormosia krugii* y *Hymenaea courbaril*). En lo que a esta última especie arbórea se refiere también se conoce como “gallito” o “algarrobo”.

Ejercicio: Cada estudiante escribirá en un papel el nombre común de diez árboles que conoce. La maestra procederá a efectuar una lista en la pizarra de todos aquellos nombres vulgares de árboles que sus estudiantes mencionen. Utilizando esa lista la maestra con la ayuda de los estudiantes procederá a determinar cuántos estudiantes han incluido en sus respectivas listas los nombres vulgares que están en la pizarra.

Si en el salón de clases hay 30 estudiantes es muy probable que la lista total de los nombres vulgares que reporten sus estudiantes sea entre 50-70. Luego podrán determinar, cuantos mencionaron, por ejemplo el panapén. Puede que éste fue mencionado por 14 estudiantes. Al dividir 14 entre 30 obtiene un 46.7%. Eso significa que un 46.7% de los estudiantes de su salón de clases conocen o mencionaron el nombre vulgar de esa especie. Procederá luego a hacer ese cálculo para el resto de los nombres vulgares en el salón de clases o mediante asignación. Al final del ejercicio pueden con los datos recopilados hacer una tabulación de datos y determinar cuáles, por ejemplo, son los cinco nombres vulgares de árboles más conocidos en su salón de clases.

Con los datos recopilados, se pueden hacer otras interpretaciones o manejo de la data. Por ejemplo, hacer la tabulación entre los varones y las hembras o inclusive hacer gráficas de barra o circulares.

La palabra árbol es la corriente para referirse durante varios siglos, desde los tiempos de la colonización, como uso sinónimo de palo (Álvarez Nazario, 1982, p.176). No obstante, “palo” fue utilizado desde un principio para hacer referencia a un determinado árbol, el guayacán (Álvarez Nazario, 1990, p.271). De la madera o corteza de este árbol aprendieron los españoles a preparar una cocción de valores curativos para determinadas enfermedades lo cual le mereció a dicho árbol la denominación de palo santo. No obstante, hoy día continúa utilizándose de forma indistintiva la equivalencia entre palo/árbol.

En la actualidad el nombre vulgar de muchas especies arbóreas en Puerto Rico usan la palabra palo. Ejemplo de ello son los siguientes:

palo de pollo (*Pterocarpus officinalis*)

palo colorado (*Cyrilla racemiflora*)

palo de gallina (*Alchorneopsis floribunda*)

palo de vaca (*Boussieria succulenta*)

Los nombres vulgares de muchos árboles de Puerto Rico poseen su origen en la época indígena ya que fueron éstos los que primeramente estuvieron en contacto con la flora del país (Álvarez Nazario, 1977, p.59). No obstante, hasta hoy día carecemos de fuentes de información sobre los nombres que los indios arcaicos usaron para referirse a aquellas especies arbóreas que encontraron en la isla. Por tanto, el nombre indígena de muchos de los árboles de Puerto Rico que conocemos hoy día procede de los taínos ya que éstos eran los pobladores de la isla a la llegada de los españoles.

Los siguientes ejemplos ilustran lo antes expuesto: ausubo, ceiba, cupey, tabonuco (Hernández Aquino, 1977, pp.60, 137,164 y 369).

Ejercicio: De los datos tabulados del ejercicio anterior los estudiantes determinarán cuales de aquellos nombres vulgares son indígenas (taínos). Se les brindará la oportunidad a los estudiantes de hacer mención de otros nombres indígenas utilizados como nombres vulgares de árboles en Puerto Rico.

Los nombres vulgares de los árboles pueden estar constituidos por una o más palabras. Entre los nombres vulgares de árboles que constan de una sola palabra figuran los siguientes: aguacate, algarrobo, anón, cacao, emajagua, guayaba, úcar.

Capá blanco, yagrumo hembra, palo blanco, palo colorado, palma de cocos, pino australiano y mangle colorado constituyen ejemplos de nombres vulgares de árboles con dos o más palabras.

Existen muchas variantes para con el surgimiento de los nombres vulgares de los árboles. Algunos de ellos indican el lugar de procedencia. Ejemplo de ello son los siguientes:

pino hondureño, caoba dominicana, guamá venezolano, casia de Siam, tulipán africano, manzana malaya.

Otros hacen referencia a colores tales como: violeta, mangle colorado, mangle prieto, capá prieto, capá blanco, palo colorado, flamboyán amarillo, roble amarillo, roble blanco.

En otros, la referencia es para con algún aspecto geográfico: uva de playa, palma de sierra, ceboruquillo, roble de costa.

Otros hacen alusión a los géneros: yagrumo macho, yagrumo hembra, cedro hembra, cedro macho. Juan Tomás, Alelí y María hacen referencia a nombres de personas.

Otros nombres vulgares de árboles emergen como consecuencia del empleo de sufijos tales como “ota” (guayabota), “illo” (granadillo, ceboruquillo, higuillo, manzanillo, molinillo, caimitillo), “uelo” (mameyuelo, abeyuelo), “uela”, (serrasuela), “illa” (guacimilla, canelilla, emajagüilla, jagüilla, sapodilla), “ito” (caimito), “ita” (anacaguita).

Por otro lado, se ha descrito que el sufijo arahuaco- bana, quizás significando “hoja” corresponda a ciertos árboles que conocían los taínos tales como cobana, cojóbana, guanábana (Álvarez Nazario, 1996, p.74).

Ejercicio: Como asignación cada estudiante deberá traer una lista de 10 árboles en los cuales se manifiesten diversas manifestaciones de los nombres vulgares como los aquí estudiados o de otras categorías no mencionadas.

La maestra escribirá en la pizarra la totalidad de los nombres reportados y determinarán las tres categorías más representadas que reporten sus estudiantes.

La permanencia de nombres indígenas (taínos) como el nombre vulgar de muchos de los árboles de Puerto Rico requirió de un proceso de varias centurias en los cuales era necesario la presencia humana. De esa forma la tradición oral fue manifestándose de una generación a otra hasta llegar a nuestros días. Ante esa circunstancia, es cuestionable que los taínos hubieran desaparecido durante el siglo XVI o de que aquellos que fueron censados en centurias posteriores incluían la totalidad del remanente de la población taína (Delgado, 2001, pp.41-80).

Ante la realidad de una flora tropical boricuense ampliamente desconocida por los españoles, éstos utilizaron en muchas ocasiones los nombres comunes que los taínos utilizaban para así denominarlos. Ejemplo de ello lo constituyen los siguientes: tabonuco, ausubo, mamey, ceiba y cojoba. Otros nombres vulgares que a su vez figuran como nombres indígenas asignados o empleados a árboles poseen menos popularidad. Entre ellos se ubican: ausú (*Pimenta racemosa*), bija (*Bixa orellana*) y calaba (*Calophyllum calaba*).



Foto 63 Arbusto de achiote (*Bixa orellana*)

Algunos de los nombres vulgares de los árboles de Puerto Rico indican la influencia árabe en el contexto del proceso histórico de España y por consiguiente de la América española. Entre ellos se ubican algunos que comienzan con el prefijo “al” tales como algarrobo y almácigo.

Los nombres vulgares de muchas de las especies arbóreas de Puerto Rico han contribuido de forma significativa a la toponimia de nuestro país. No obstante, ese interesante capítulo de nuestra historia no ha sido estudiado en su totalidad.

Toponimia es el estudio del origen, significado y evolución del nombre o de los nombres con que se conoce o se conocía un lugar (Sopena, 1970, p.961). Aunque la toponimia en Puerto Rico posee sus orígenes en la pre-historia del país ésta proliferó de forma significativa desde fines del siglo XVIII y la centuria siguiente. El advenimiento de pueblos y el ascenso poblacional que adviene durante el lapso de tiempo descrito figura, entre otros factores, en los promotores de la proliferación de los nombres vulgares de muchos árboles en la toponimia puertorriqueña.

Desde el proceso de españolización de Boriquen era muy usual la denominación de un lugar utilizando como punto de referencia la abundancia o la particularidad de un ejemplar de una especie arbórea. Ejemplo de ello lo constituyen los nombres de los pueblos de Ceiba y Maricao los cuales a su vez son nombres indígenas de dos especies de árboles. No obstante, esa tendencia toponímica, relativa a los nombres de los árboles está vinculada con los nombres de muchos barrios puertorriqueños (Torrech San Inocencio, 1998, p.107). Los siguientes son ejemplos ilustrativos de lo antes descrito: Anón (Ponce), Anones (Las Marías y Naranjito), Caimito (Juncos, San Juan, Yauco), Camaseyes (Aguadilla), Cedro (Carolina, Cayey, Guayanilla), Chupacallos (Ceiba), Collores (Humacao, Jayuya, Juana Díaz, Las Piedras, Orocovis, Yauco), Guamá (San Germán), Emajagua (Maunabo), Jobos (Guayama, Isabela), Magas (Guayanilla), Palo Hincado (Barranquitas), Palo Seco (Maunabo, Toa Baja), Palo Blanco (Corozal), Pollos (Patillas), Robles (Aibonito, San Sebastián), Tabonuco (Sabana Grande), Yayaes (Adjuntas).



Foto 64 Bosque de palo de pollo (*Pterocarpus officinalis*) en el barrio Pollos de Patillas

La abundancia de una especie arbórea para la denominación de un lugar ya fuera con o sin fines de asentamiento poblacional motivó el surgimiento de la incorporación de los sufijos “al” o “ales” al nombre vulgar de muchos árboles (Álvarez Nazario, 1982, p.175). Dicha forma de denominar pueblos y barrios de Puerto Rico está presente en la toponimia de nuestro país. Ejemplo de ello es el nombre del pueblo de Corozal y de los siguientes barrios del país: Caimital (Guayama), Cidral (San Sebastián), Emajagual y Guayabal (Juana Díaz), Garrochales (Arecibo, Barceloneta), Jagual (Patillas, San Lorenzo).

ESPECIES ARBÓREAS EXÓTICAS/INTRODUCIDAS

Los árboles denominados exóticos o introducidos son aquellos árboles que constituyen parte de la flora que fueron introducidos directa o indirectamente mediante el ser humano. Dentro de esa perspectiva el proceso histórico de Puerto Rico juega un papel de destacada importancia ya que la formación del pueblo puertorriqueño está constituía por tres elementos: indígena, español y africano. Por consiguiente, le correspondió a los indios arcaicos, a los taínos y a los caribes ser los primeros en introducir especies arbóreas en El Caribe. No obstante, ante la carencia de documentos, sobre ese interesante aspecto de nuestra pre-historia es necesario el recurrir a otras técnicas de investigación tales como la arqueología para poder determinar tal influencia.

El descubrimiento español de América y por consiguiente de Boriquen coloca de manifiesto no solo el encuentro de dos mundos sino también la introducción en ambas direcciones de miles de ejemplares de sus respectivas flora y fauna. No obstante, ese proceso, aunque se inicia a fines del siglo XV continuó su curso durante las centurias siguientes. En lo que a Puerto Rico respecta resulta en extremo muy significativo el establecimiento de un jardín experimental y de aclimatación el cual se establece en el valle del Toa a inicios del siglo XVI (Blanco, 1981, p.35).

Entre los árboles que fueron introducidos en el siglo XVI a Puerto Rico procedentes de España se encuentran los denominados como frutales. Entre ellos se ubican los siguientes:

Limón agrio *Citrus aurantifolia* (L.) Swingle. Limón y palo de limón son nombres vulgares con los cuales también se conoce a esta especie arbórea. Es nativo del archipiélago de las Indias Orientales (Francis y Lioger, 1991, p.5).



Foto 65 Limón agrio (*Citrus aurantifolia*)

Naranja *Citrus aurantium* L. También se conoce con el nombre vulgar de naranja agria y palo de naranja. Es nativa del sureste de Asia (Francis y Lioger, 1991, p.5).



Palma de cocos *Cocos nucifera* (L.) También se conoce con los nombres vulgares de cocotero y cocos. Aunque se desconoce el lugar de origen se cree que debe ser oriundo de Malasia o de la zona denominada Indopacífica (Francis y Lioger, 1991, p.5). Cocos es el nombre de uno de los barrios del pueblo de Quebradillas.

Foto 66 Palma de cocos (*Cocos nucifera*)

China *Citrus sinensis* Osbeck. Naranja Dulce, Naranjo Dulce y palo de china son nombres vulgares con los cuales se conoce a esta especie arbórea. Su lugar de origen es

China y el sureste asiático (Francis y Lioger, 1991, p.5). Naranja Dulce es el nombre de un sector del barrio Jaguas del pueblo de Ciales.

Eventualmente, a medida que fueron transcurriendo las centurias siguientes se fueron introduciendo una serie de árboles y arbustos los cuales algunos de ellos al naturalizarse o adaptarse de forma notable se propagaron tan ampliamente que hoy día constituyen una parte esencial y muy expresiva de nuestra flora. Ejemplo de ello son las siguientes especies:

Flamboyán *Delonix regia* (Bojer) Raf. También se conoce con los nombres vulgares de flamboyán rojo, flamboyán colorado y palo de flamboyán. Este árbol es oriundo de Madagascar (Francis y Lioger, 1991, p.6). Suele encontrarse con mucha frecuencia a lo largo de las carreteras de Puerto Rico. Es uno de los árboles ornamentales más extensamente cultivados en regiones tropicales y subtropicales a través del mundo.

Almendra *Terminalia catappa* L. Este árbol suele cultivarse por su sombra, ornato y sus nueces las cuales son comestibles. Es nativo de las Indias Orientales y Oceanía (Francis y Lioger, 1991, p.10).



Foto 67 Almendra (*Terminalia catappa*)

Café *Coffea arabica* L. También se conoce con los nombres vulgares de palo de café y cafeto. Este arbusto es nativo de Abisinia (Francis y Lioger, 1991, p.6). El café es probablemente el arbusto introducido que más ha influido en la historia económica de Puerto Rico. Desde su introducción en 1734 el café ha jugado un papel destacado en la historia económica puertorriqueña pero muy en especial en las zonas montañosas del interior (Pumarada O Neill, 1990, p.5). Es la fuente de una de las bebidas más populares a través del mundo. A fines del siglo XIX desplazó el cultivo de la caña de azúcar para convertirse en el principal renglón agrícola de exportación. Durante gran parte del siglo XX y aún hoy día constituye uno de los principales productos agrícolas del país.

Panapén *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg. También se conoce con los nombres vulgares siguientes: pan, palo de pan, pana, palo de pana, palo de panapén, mapén (Díaz Montero, 1984, p.99). Es nativo de las islas del Océano Pacífico (Francis y Lioger, 1991, p.4). Su fruto es comestible el cual se puede transformar como materia prima en otros



productos tales como los denominados “chuleta de gancho” o sea, los tostones de panapén. Existen dos variedades del panapén los cuales se diferencian por sus semillas ya que existe una que no tiene semillas la cual es la más común y la que posee semillas que es denominada vulgarmente como pana de pepitas o palo de pana de pepitas.

Foto 68 Panapén (*Artocarpus altilis*)

Árboles nativos

Son aquellos árboles que “crecen como parte de la vegetación silvestre de Puerto Rico pero su distribución natural no es exclusiva de nuestra Isla” (Santiago Valentín, 2008, p. 83). Ejemplo de especies arbóreas nativas de Puerto Rico son las siguientes: el yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*) y el yagrumo macho (*Shefflera morototoni*).

En ocasiones el género del nombre científico es indicativo del origen de la especie arbórea de que se trata. Ejemplo de ello son la jagüilla y la palma real.

Jagüilla *Magnolia portoricensis* Bello. Es un árbol conocido en las montañas del centro y del oeste de Puerto Rico. En Puerto Rico también se le conoce con los nombres vulgares siguientes: burro, mauricio, alciba, anonillo, ortegón (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.34).

Palma real *Roystonea borinquena* O. F. Cook. Es una de las especies arbóreas más típicas de Puerto Rico. Es nativa de Puerto Rico, Vieques y Santa Cruz (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.28).

Árboles endémicos

Son aquellos árboles que bajo condiciones naturales se encuentran “exclusivamente en Puerto Rico y no se encuentran en ninguna otra parte del mundo” (Santiago Valentín, 2008, p.83). Entre las especies endémicas de Puerto Rico se ubican las siguientes:

Violeta *Polygala cowellii* (Britton) Blake. Es oriundo solamente de Puerto Rico. Posee los nombres vulgares siguientes: árbol de violeta, palo de violeta, palo de tortuga, tortuguero (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.314).

Laurel sabino *Magnolia splendens* Urban. Es oriundo de las montañas de Luquillo al Este de Puerto Rico. También se le conoce con el nombre de bella (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.34).

Palma de lluvia *Guassia attenuata* (O.F. Cook) Beccari. Es una palma alta y airosa que crece en las cumbres escabrosas de las montañas calizas (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.26).



Foto 69 Palma de lluvia (*Guassia attenuata*)

Sabinón *Croton poecilanthus* Urban. Es un árbol de látex acuoso que se ubica en las montañas del este de Puerto Rico (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.321).

Serrasuela *Thouinia portoricensis* Radlk. Es un árbol pequeño o arbusto de la región seca del sudoeste de Puerto Rico. También se le conoce con el nombre de quebracho (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.379).

Caimitillo verde *Microphilus garciniaefolia* Pierre. Es un árbol que crece en las montañas del Este de Puerto Rico. También se le conoce con los nombres de caimitillo cimarrón o caimitillo (Little, Wadsworth y Marrero, 2001, p.553).

Ejercicio: Cada estudiante traerá al día siguiente, o cuando el maestro así lo determine, una lista de diez árboles nativos de Puerto Rico, no mencionados en la clase. Debe incluir, si le es posible, el nombre científico.

Se procederá a hacer una lista de la totalidad de los árboles que reporten los estudiantes en la pizarra. Es muy probable que se encuentre con la situación siguiente: el mismo nombre vulgar para dos especies arbóreas diferentes. Ejemplo de ello es lo que ocurre con la jagüilla *Magnolia portoricensis* Bello el cual también se conoce con el nombre de ortegón. No obstante existe otro árbol denominado como ortegón cuyo nombre científico es *Coccoloba swartzii* Meisn. Esta situación debe motivar a los estudiantes a cuestionarse el cómo se puede diferenciar entre una y otra especie.

Los beneficios de los árboles

Los árboles son uno de los recursos naturales renovables de gran valor para el ser humano así como de su ambiente. De ellos obtenemos una serie de beneficios. Entre esos beneficios se ubican los siguientes (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, sf, p.1).

-Purifican el aire. Los árboles son filtros naturales renovables que purifican el aire y producen oxígeno.

-Reducen la temperatura. Todos los componentes aéreos de los árboles, principalmente las ramas y las hojas proveen sombra lo cual refresca el ambiente a la vez que interceptan y absorben los rayos solares. No obstante, la sombra es dinámica y es muy apreciada en los estacionamientos de los centros comerciales así como en las calles de los centros urbanos.

-Ahorran energía. Al refrescar el ambiente las unidades de aire acondicionado no se utilizan demasiado. No obstante, para lograr ese objetivo los árboles necesitan estar bien localizados. Ello facilita el que una propiedad se mantenga más fresca. Un árbol bien localizado puede lograr reducir hasta un 15% de los costos de consumo de energía que son utilizados para refrescar un hogar mediante el uso de acondicionadores de aire.

-Protegen el suelo contra la erosión. Al caer la lluvia sobre la copa de los árboles, las gotas de agua son desviadas a la vez que reducen su velocidad y dirección reduciendo así su impacto sobre el terreno. Por otro lado, las raíces y la copa de los árboles reducen el impacto de la escorrentía evitando que se pierda suelo.

-Conservación de los cuerpos de agua. Al controlarse la erosión se controla la sedimentación de los cuerpos de agua.

-Barreras contra el viento. Los árboles actúan como amortizadores de la velocidad del viento pero muy en especial en la época de huracanes. Dicha función es muy útil en las zonas agrícolas.

-Reducen o aíslan los ruidos. Los árboles se desempeñan como amortiguadores de las ondas sonoras que son producidos, entre otros, por los vehículos de motor o las maquinarias industriales. Es por esa razón que éstos deben de sembrarse cerca de las avenidas, zonas residenciales, escuelas, hospitales y universidades.

-Proveen recreación pasiva. Dado de que los árboles proveen condiciones tales como la sombra, vida silvestre y aire de una mejor calidad éstos contribuyen de forma significativa y positiva en el disfrute y sosiego espiritual de los seres humanos. Algunos estudios demuestran que los árboles ayudan a reducir la tensión de los trabajos y de que contribuyen a una recuperación más rápida de los pacientes en los hospitales.

-Embelllecimiento del paisaje. Todos los árboles, pero en especial, los ornamentales, embellecen el paisaje de la zona rural y urbana. De esa forma incrementan el orgullo por mantener la comunidad o la ciudad de forma atractiva.

-Aumentan el valor de la propiedad. Una residencia con árboles atractivos y bien cuidados aumenta su valor entre un 10 a un 20%.

-Habitáculos de vida silvestre. Los árboles brindan albergue a la vida silvestre, en particular a las aves.

-Brindan privacidad. Crean barreras naturales que aíslan físicamente áreas determinadas.

-Proveen madera, tintes, medicinas, combustibles, frutos y una gran cantidad de productos que son necesarios para la industria.

Ejercicio: Antes de comenzar a evaluar los beneficios de los árboles el maestro proveerá a cada estudiante de un papel en el cual éstos escribirán todos los beneficios que ellos conocen de los árboles. El maestro hará un inventario de esos beneficios en la pizarra. El paso siguiente consiste en determinar aquellos beneficios de los árboles que más identificaron los estudiantes. Los datos recopilados pueden examinarse por sexos.

Los estudiantes expondrán sus ideas sobre los beneficios que obtenemos de los árboles desde los siguientes puntos de vista o de cualquier otro que el maestro considere necesario: económico y salud pública.

Otra posible opción es la de seleccionar a uno o más estudiantes para plantearse la siguiente situación: Si fueras Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, ¿Qué actividades llevarías a cabo para lograr el mayor beneficio posible de los árboles?

Árboles municipales oficiales de Puerto Rico

Puerto Rico es uno de los pocos países del hemisferio americano que en la actualidad no posee oficialmente un árbol nacional. No obstante, existe evidencia histórica que señala que desde principios del siglo XX este tema ya estaba en discusión. Por otro lado, la realización de este proyecto ha sido salpicado en muchas ocasiones, entre otros factores, por la resaca político partidista, por los diversos criterios de la belleza y por la clasificación de las especies arbóreas en nativas o introducidas. Sin embargo, en muchas otras ocasiones, la identificación de las especies arbóreas con uno o varios aspectos históricos de los pueblos de Puerto Rico emerge con una espléndida fortaleza que logra opacar los diversos puntos de vista mencionados.

El panorama de la heráldica municipal relativa a la utilización de los árboles o arbustos como símbolos representativos de los pueblos no dista de lo que ha acontecido a nivel estatal. No obstante, el escenario es más alentador. Sin embargo, en algunos pueblos existe o ha existido la creencia de que la selección del árbol municipal o simbólico ya ha sido efectuado debido a que éstos son parte integrante de su escudo municipal. Ejemplo

de ello lo constituyen los escudos municipales de los pueblos de Corozal y Comerío. No obstante, la palma de corozo (Legislatura Municipal de Corozal, 2005-2006, p.1) y la palma real (Legislatura Municipal de Comerío, 2007-2008, p.1) fueron seleccionados respectivamente como los árboles oficiales de esos pueblos con posterioridad a la oficialización de sus escudos municipales. Dentro de esa perspectiva, es la existencia de una ordenanza o resolución municipal de las hoy legislaturas municipales (anteriormente asambleas municipales) lo que determina la oficialidad de este símbolo.



Ilust. 14 Escudo municipal de Comerío

Hasta el momento, un total de 34 municipios (43.59%) han seleccionado oficialmente ya fuere por medio de una ordenanza o resolución su árbol municipal. A excepción del pueblo de Moca, el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical ha resultado en la fuente inspiradora de este proyecto. No obstante, el proceso para con la realización de este proyecto es uno de naturaleza municipal.

El carácter municipal de este proyecto radica en la oficialización del mismo preferiblemente mediante una ordenanza municipal. Dentro de esa perspectiva, los municipios están facultados por ley para efectuar dicho proyecto. La Ley de municipios autónomos de Puerto Rico (Ley número 83 del 30 de agosto de 1991) en su artículo 2.001 (O) dispone

“que el municipio podrá ejercer el poder legislativo en todo asunto de naturaleza municipal que redunde en el bienestar de la comunidad y en su desarrollo económico, social y cultural, en la protección de la salud y seguridad de las personas, que fomente el civismo y la solidaridad de las comunidades y en el desarrollo de obras y actividades de interés colectivo, con sujeción a las leyes aplicables” (Asamblea Legislativa de Puerto Rico, 1992, p.470).

La génesis, desarrollo y culminación de este proyecto puede llevarse a cabo mediante varios mecanismos de acción. Uno de los mecanismos consiste en la solicitud de una audiencia en las legislaturas municipales la cual determinan la fecha y la hora en que esa solicitud será atendida. Ese proceso también puede iniciarse sin necesidad de una audiencia inicial. Para lograr ese objetivo, el individuo o grupo de individuos interesados someten toda la documentación que consideren necesaria para la evaluación del proyecto.

A su debido tiempo, éstos recibirán una notificación de la Legislatura Municipal para dilucidar el proyecto.



Ilust. 15 Escudo municipal de Corozal

Independientemente de tal génesis la Legislatura Municipal, procede a que una comisión generalmente denominada “Comisión de educación, cultura y turismo” tome cartas en el asunto. Luego de un examen detallado de la naturaleza del proyecto se designan los mecanismos a utilizarse con sus respectivas recomendaciones. Generalmente, la visión de la comisión antes descrita o sus recomendaciones para con el proyecto son presentadas en pleno en la Legislatura Municipal para su consideración final.

La aprobación del proyecto de la selección del árbol oficial de un municipio requiere del voto afirmativo de la mayoría de los legisladores municipales. No obstante, en muy raras ocasiones no existe unanimidad en dicha votación. De resultar aprobada la ordenanza o resolución respectiva ésta es considerada por el Alcalde quién tiene la facultad de aprobarla, vetarla o hacer recomendaciones. No obstante, si el Alcalde no toma acción alguna, dentro de un período de diez días laborables la ordenanza o resolución que procede de la Legislatura Municipal queda automáticamente oficializada.

La participación ciudadana juega un papel destacado en este proyecto. A mayor divulgación y participación mayor representatividad de parte de la población. En ocasiones, la participación ciudadana se estimula a través de ponencias verbales o escritas, cuestionarios o certámenes. Dentro de esa perspectiva, la idiosincrasia de cada pueblo es muy determinante en la realización de este interesante e histórico proyecto. Al seleccionarse un árbol simbólico se escribe una página en la historia de los municipios ya que ese símbolo se une al escudo, bandera e himno de cada municipalidad.

El parámetro más determinante que se utiliza en la selección del árbol municipal lo constituye la existencia de una relación directa o indirecta de las especies arbóreas con las diversas facetas de la historia de los pueblos. Ejemplo de ello lo constituye el equipo de Los Petateros y la palma de petate de Sabana Grande. En otros municipios diversos ejemplares de la flora se destacan desde otra vertiente. El mango de Orocovis el cual se conoce como El Centinela, las ceibas de Quebradillas y la ceiba denominada Cuatro Calles de Ponce son ejemplos de lo antes descrito. Por otro lado, el nombre del pueblo o

inclusive el de sus barrios es en otras ocasiones el elemento a considerarse. Esa determinación se refleja, entre otros nombres de pueblos, en los siguientes: Ceiba, Maricao, Las Marías, Moca, Cidra y Corozal. En ocasiones el antiguo nombre del pueblo pudiera influir o destacarse en la selección del árbol oficial de un municipio. Tal es el caso de Comerío (Sabana del Palmar). No obstante, la presencia de la flora en los escudos municipales ha constituido uno de los factores a considerar en algunos municipios tales como Ciales, Corozal, Moca, Ceiba, Quebradillas, Las Marías y Sabana Grande. Otros parámetros que también suelen ser utilizados en la selección del árbol municipal oficial lo constituyen los colores de la bandera así como de sus respectivos escudos, algunos versos de los poemas más significativos de los pueblos, de sus canciones o de sus himnos en los cuales se hace alusión a la flora, o a un árbol en particular.

La selección del árbol municipal oficial contribuye, entre otras cosas, para ampliar la heráldica municipal, a establecer una mayor relación entre el ser humano y la naturaleza y a mejorar la calidad de vida de la familia puertorriqueña. Dentro de esa perspectiva, diversas especies de la flora que han sido evaluados o considerados a tales fines pueden constituir parte integrante de los proyectos de reforestación de los pueblos. Tal situación se llevó a cabo en Morovis en el expreso que conduce de Vega Baja a Morovis. Por otro lado, los árboles símbolos de los municipios pueden ser utilizados como un recurso adicional en la identificación de una serie de actividades tales como los reinados de belleza o en desfiles puertorriqueños en diversos lugares de Puerto Rico y los Estados Unidos de América (Desfile Puertorriqueño de New York). En conclusión, independientemente de cuál sea la selección de los árboles municipales oficiales éstos fortalecen la heráldica de nuestros pueblos a la vez que constituyen una página en la historia de sus respectivos pueblos.

Nota: Para obtener un desglose sobre los municipios de Puerto Rico que a junio de 2008 habían seleccionado su árbol oficial favor de consultar a: Domínguez Cristóbal Carlos M. 2006. El rol del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en el proyecto de la selección del árbol municipal oficial de los pueblos de Puerto Rico. Acta Científica 20 (1-3): 39- 42.

II. ÁREA DE ESTUDIO

Selección del lugar de investigación

El lugar a seleccionarse para el establecimiento y desarrollo de una investigación a corto o largo plazo debe de cumplir, por lo menos, con los siguientes requisitos: representatividad de la zona bajo estudio, accesibilidad y cercanía a las escuelas y una evaluación de seguridad (riesgos, posibilidad de accidentes y plan de acción).

Representatividad del lugar (tipo de vegetación)

Los cambios en la vegetación de un lugar guardan una relación directa con la tenencia y usos de la tierra. No obstante, esos dos parámetros están íntimamente relacionados con la

historia de la actividad económica de los pueblos. Por tal motivo es necesario el poseer una idea, por lo menos de carácter general, del uso y la tenencia del lugar así como de los lugares bajo estudio.

En Puerto Rico, como en cualquier otro lugar, ese proceso se inicia determinando quién es el dueño actual de las tierras y de cómo estas fueron adquiridas por dicho propietario. La tenencia de un lugar lo determina la posesión de un documento denominado “escritura de la propiedad”. Este documento es redactado por un abogado o notario mediando dicha acción entre un vendedor y un comprador. El documento denominado “escritura de la propiedad” se registra en el Registro de la Propiedad la cual es una agencia gubernamental que corresponde al Departamento de Justicia del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Los Registros de la Propiedad se ubican en diversos lugares del país y abarcan cada uno de ellos una serie de municipios. Por ejemplo las oficinas del Registro de la Propiedad de Manatí cubre los siguientes pueblos: Barceloneta, Ciales, Florida, Manatí y Morovis.

Desde la óptica forestal la escritura de propiedad es un documento fundamental de investigación. Adjunto a señalar quién es el propietario y desde cuando, también se destaca, entre otras cosas, el precio de compra, el número de cuerdas, tipo de cultivos, edificaciones o estructuras diversas, colindancias y colindantes así como la presencia de diversos cuerpos de agua.

Un dato de vital importancia, que provee la escritura de la propiedad, lo constituye el número de registro de la finca. Este número es el que le identifica en la búsqueda a realizarse en el Registro de la Propiedad correspondiente. Toda finca inscrita o registrada en el Registro de la Propiedad se le asigna un número de identificación por municipio. Con dicha información podemos remontarnos hasta el 1885, el cual es el año en que se estableció el Registro de la Propiedad en Puerto Rico. Para proseguir la búsqueda con anterioridad a esa fecha es necesario el consultar, entre otros, el fondo de Obras Públicas del Archivo General de Puerto Rico, el cual es una agencia adscrita al Instituto de Cultura Puertorriqueña.

Otra alternativa para obtener mayor información que la circunscrita en una escritura de propiedad de un lugar bajo estudio lo constituye el efectuar entrevistas de los dueños actuales o más recientes así como de aquellos individuos que residen o han residido en zonas aledañas.

Los informes estadísticos y los mapas de uso de la tierra por municipios de 1950 y que fueron desarrollados por el Departamento de Agricultura y Comercio constituyen un recurso muy valioso para el estudio y ubicación del área de investigación.

Accesible y cercano al centro de enseñanza

La selección de un área de investigación accesible y cercana al salón de clases posee una serie de beneficios. Entre ellos se ubica el ahorro de tiempo en llegar al lugar y el no uso de vehículos de transportación. Por otro lado, facilita la supervisión o visita de aquellos

que desean conocer sobre el área de investigación y de los proyectos que allí se efectúan. No obstante, dicha accesibilidad y cercanía al salón de clases requiere que el lugar bajo investigación esté debidamente rotulado para que de esa forma se orienten los visitantes o estudiantes investigadores en dicho lugar. Por tanto, el número de estudiantes investigadores por visita al área de investigación debe de ser lo menos posible de manera que el impacto de éstos se reduzca notablemente.

Un área de investigación accesible y cercano al salón de clases facilita las comunicaciones a la vez que promueve que ante cambios climáticos o de seguridad se maneje la situación en el menor tiempo posible.

Seguridad

No existe un lugar de investigación totalmente exento de la posibilidad de un accidente. No obstante, si podemos reducir de forma significativa la posibilidad de que nos ocurra uno de ellos, máxime cuando trabajamos en el bosque.

Una vez se ha ubicado un posible lugar de investigación con fácil acceso, cercano al lugar de enseñanza y representativo del tipo de vegetación del lugar se procede a efectuar una evaluación o análisis de la peligrosidad que representa o puede representar eventualmente. Para lograr ese objetivo es necesario visualizar con antelación los diversos proyectos a desarrollarse, examinar la topografía, presencia de cuerpos de agua, posibilidades de derrumbes o desprendimiento de rocas, materiales e instrumentos a utilizarse, equipo de seguridad, naturaleza o particularidades de las especies arbóreas (troncos espinosos, raíces superficiales, inflorescencia, bejucos, avispa, abejas, plumillas), área inundable (aumento del volumen de agua y su velocidad) vientos, ráfagas, épocas de sequía o de huracanes. Por otro lado, es necesario el reconocer si entre los miembros del equipo de investigación hay condiciones de algún tipo de alergias, diabetes o de otra condición de salud que requiera de asistencia o de supervisión médica. De ahí la necesidad de medios efectivos de comunicación (celulares), notificación del día o los días, horas de trabajo y miembros del equipo que asisten al campo con la debida autorización de los padres y de las autoridades escolares. Ante esa circunstancia un equipo de primeros auxilios es requerido así como el adiestramiento en técnicas básicas de seguridad.



Foto 70 Equipo básico de primeros auxilios

En un área de investigación el análisis de seguridad también requiere de un examen de los diferentes estratos del bosque. Ante esa perspectiva se requiere de la identificación de las ramas desprendidas vivas o muertas y que están colgando o por caer desde diversas alturas. La presencia de bejucos o de otras especies rastreras requiere de una identificación previa. En esa dirección también deben de ser evaluados las zonas cubiertas de hojarasca para familiarizarse con las mismas.

En ocasiones nos encontramos con diversos habitantes del bosque los cuales pueden causarnos una fobia repentina o continua. Tales fobias o experiencias previas deben de ser notificadas para que exista constancia de ello. Hasta donde sea posible se trabajará en parejas pero bajo ninguna circunstancia nadie puede ir solo a trabajar al área de investigación.

El uso de un calzado cerrado y apropiado, medias largas, mahones largos, sombreros o capacetes de seguridad con agarraderas ajustables al cuello, camisas de manga larga, guantes cómodos, espejuelos de seguridad, impermeables y chalecos son vitales en los trabajos de campo a la vez que se reduce la posibilidad de un accidente.



Foto 71 Modelo de chaleco de uso personal para el campo

La presencia de equipos de primeros auxilios vigentes es requerido en todo proyecto de investigación. A su vez deben de utilizarse chalecos de colores llamativos de manera que podamos observar a la distancia la ubicación de cualquier otro miembro del equipo de trabajo.

Nunca debe de faltar agua potable así como los medicamentos que se estén utilizando. Ello constituye una responsabilidad de todos y cada uno de los miembros del equipo de trabajo.

Dado que en el bosque no existen facilidades sanitarias y de que la naturaleza del equipo de trabajo es mixto (varones y féminas) el retorno a la escuela para el uso de las facilidades sanitarias es necesario. De ahí la necesidad o uno de los requisitos para con la cercanía de la escuela. Por otro lado, siempre debemos poseer una funda plástica para depositar en ella los desperdicios que se generan. Dicha funda plástica con su contenido deberá ser trasladada a la escuela para ser depositada en su lugar correspondiente.

Dimensiones del área de investigación

El área que cubre una zona de investigación forestal puede variar a base de las características que se han mencionado anteriormente. No obstante, es recomendable el poseer por lo menos dos lugares de investigación en una misma zona que posean bastante cercanía y con las mismas dimensiones. Naturalmente, mientras mayor sea el área de estudio, mejor resultará la extrapolación de los datos.

Establecer una zona de investigación de 50 metros de largo por 50 metros de ancho ($2,500 \text{ m}^2$) resulta en unas dimensiones bastante apropiadas para el desarrollo “in situ” de varios estudios al mismo tiempo. Tal situación se dificulta a medida que el área de investigación es mucho menor.

Al establecerse un área de investigación de $2,500 \text{ m}^2$ obtenemos 25 cuadrantes de estudio de unas dimensiones de 10 metros de largo por 10 metros de ancho (100 m^2). La numeración o identificación de los mismos requiere que éstos lleven una secuencia en dicho proceso. De esa forma se pueden distribuir una serie de estudios en tales cuadrantes de manera que se interfiera lo menos posible entre uno y otro estudio.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Ilust. 16. Dimensiones y enumeración de un área de investigación de 2500 m^2

El establecimiento de un área de estudio va a requerir, por lo menos, de marcadores o estacas, del uso de una cinta métrica, preferiblemente de unos 50 metros de largo, así

como de una brújula, la cual orientará sobre las líneas de colindancia. Al establecerse el área de investigación deben de tomarse en consideración los declives, pendientes u ondulaciones del terreno. Casi siempre, al no considerarse las ondulaciones del terreno del área de investigación descrita resulta en unas dimensiones de alrededor de unos metros cuadrados mayor o menor de 2,500 m². Ello va a depender de la experiencia que se posea en el uso de la brújula y de la cinta métrica de aquellos que están estableciendo o delineando el área de estudio. Eventualmente, a través del sistema de posicionamiento global (SPG) se verifica el área total de la zona bajo estudio así como de su ubicación.

La determinación del área del estudio, es un proceso que resulta en extremo importante. Dicha área es la que se utiliza en diversos análisis que se efectuarán posteriormente a medida que se van recopilando los datos.

Se requiere que cada esquina del cuadrante del área de investigación sea identificada preferiblemente con tubos plásticos blancos de manera que podamos identificar al cabo de los años el lugar de ubicación (colindancias). También es recomendado el establecer las líneas de borde de los cuadrantes y roturarles en orientación al norte para de esa forma saber en qué lugar exacto dentro del área de investigación nos encontramos o en que cuadrantes se están efectuando o planificando el realizar algún tipo de estudio. Nunca deben de utilizarse varillas de metal. Éstas pueden confundirse con la hojarasca a la vez que poseen el potencial de ocasionar un accidente debido a un tropiezo. Por otro lado, el metal se oxida y contamina químicamente el suelo limitando de esa forma los análisis de laboratorio. Ante esa consideración es muy usual el empleo de estacas o tubos plásticos y de color blanco ya que facilitan su ubicación y visibilidad. Finalmente, al ubicarse todos los tubos obtendremos un mapa de cada cuadrante. Éstos son de gran utilidad ya que demarcan áreas en las cuales pueden llevarse a cabo diversos estudios en una misma área de investigación.

Cuando se trabaja con cuadrantes es muy útil el saber que árboles están en cada uno de ellos. Utilizando las coordenadas de X y Y podemos ilustrar sobre tal ubicación. En caso de pérdida de etiquetas ya fuere por el paso de un huracán o de forma intencionada se puede reconstruir la ubicación de cada árbol.

Una vez se establece un área de investigación es necesario el hacer un inventario de las especies arbóreas que allí se ubican y de comenzar a recopilar información sobre ellas. Esa información es de vital importancia ya que podemos identificar, entre otras cosas, especies con resinas o látex las cuales pueden causar reacciones adversas en la piel. Al unísono se puede ubicar en qué zona de vida se encuentra el lugar de estudio, tipos de suelos y precipitación. Esos datos le serán de utilidad en el desarrollo del estudio.

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (SPG)

Es un sistema global de navegación por satélite el cual nos permite determinar en todo el planeta la posición de cualquier punto de referencia tales como una escuela, un área de investigación, o un árbol. Popularmente es conocido por sus siglas en inglés, GPS, lo cual significan “Global Positioning System”. Su invención la cual se atribuye a los

gobiernos francés y belga, fue desarrollado e instalado por otros países. En la actualidad es ampliamente operado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de América.

El SPG funciona mediante una red que consta de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el planeta a unos 20,000 kilómetros los cuales poseen trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. La energía eléctrica que necesitan para su funcionamiento la obtienen de dos paneles ubicados a sus costados los cuales se componen de celdas solares.



Ilust. 17 Sistema de satélites del SPG

Cuando es necesario o se desea determinar la posición de un objetivo, el receptor que se utiliza para ello localiza de forma automática un mínimo de tres satélites de la red de los cuales recibe unas señales que le indican la posición y el reloj de cada uno de ellos. Ante esas señales se sincroniza el reloj del SPG y se calcula el retraso de las señales, o sea, la distancia al satélite. Mediante el proceso de triangulación es calculado la posición en que se encuentra el objetivo de interés. La triangulación se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto en medición. Al conocerse las distancias, se determina la posición relativa respecto a los tres satélites. Del conocimiento de las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtienen la posición absoluta o las coordenadas reales del punto en medición.

El SPG adjunto al sistema de satélites también se compone de estaciones terrestres y de terminales receptores. Las estaciones terrestres son aquellas que envían información de control a los satélites para el control de las órbitas y realizar el mantenimiento de toda la constelación. Los terminales receptores también conocidos como unidades SPG indican la posición en que se encuentran. Éstos son los que se adquieren en las tiendas especializadas.

Dada la naturaleza del uso militar del SPG, el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de América se reservaba la posibilidad de incluir cierto grado de error aleatorio el cual podía variar de 15 a 100 metros. No obstante, tal consideración fue eliminada el 2 de mayo de 2000. A pesar de esa situación el SPG depende del número de satélites que estén visibles en un momento y posición determinada. Por otro lado, la posición calculada por un receptor SPG requiere el instante actual, la posición del satélite y el retraso de la señal recibida. Adjunto a ello la precisión es dependiente en la posición y el retraso de la señal.

III. MEDIDAS DE CAMPO

Diámetro

Uno de los parámetros básicos luego del establecimiento del área de investigación lo constituye la determinación de diámetro de los árboles y arbustos del lugar bajo estudio. En los Estados Unidos de América dicho parámetro se determina a una altura de 1.39 metros mientras que en Europa éste es efectuado a 1.3 metros (Wenger, 1984, p. 281). No obstante, los europeos le denominan como dbh métrico. La "International Union of Forestry Research Organization" (IUFRO) sugiere que el símbolo para dbh (diámetro a la altura de pecho) es d con aquellas medidas efectuadas a otras alturas (Wenger, 1984, p. 281). Por ejemplo d 3m, lo que indica es diámetro afectado a una altura de 3 metros. De esa información se desprende que lo más importante es ser consistente en tomar siempre el dbh a la misma altura ya que lo que se está estudiando es crecimiento.

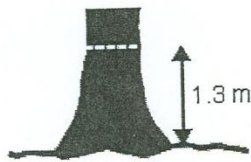
Al medirse inicialmente un área de investigación consideramos para efectos del estudio de crecimiento todos aquellos árboles o arbustos que poseen un dbh igual o mayor de 4 cm a una altura de 1.3 metros. Para determinar aquellos árboles o arbustos que poseen ese parámetro se utiliza una cinta de medir dbh calibrada en centímetros.



Foto 72 Cinta para medir dbh

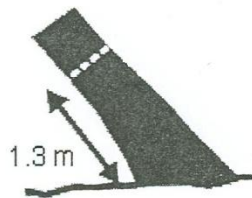
El determinar los 1.3 metros de altura va a depender de la posición de cada árbol con referencia al suelo. Ese proceso es de vital importancia y para ello es recomendable el utilizar una vara que por lo menos posea esa altura. Ello facilitará el no utilizar una cinta cada vez que vamos a medir la altura de cada árbol a 1.3 metros.

Si estamos trabajando en un llano y el árbol crece de forma vertical pueden medirse los 1.3 metros desde cualquier punto en donde comienza el tronco.



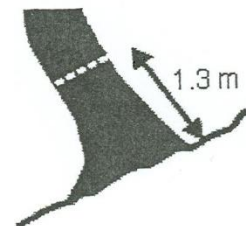
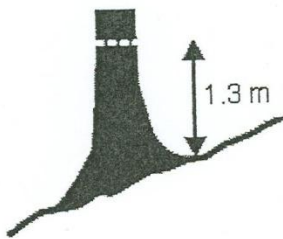
Ilust. 18 Dbh en llano con árbol sin inclinación

Si existe algún tipo de inclinación del árbol, en dicho llano, nos ubicamos hacia el lado de la inclinación.



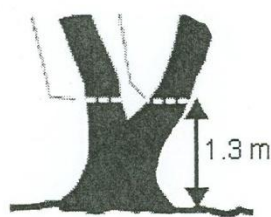
Ilust. 19 Dbh en llano con árbol inclinado

En lugares donde existe declive del terreno y el árbol crece vertical o con alguna inclinación siempre nos ubicaremos en la parte superior de la inclinación.



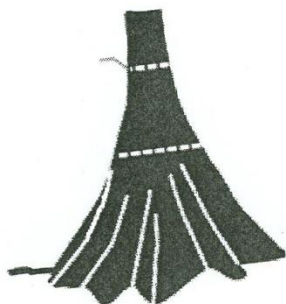
Ilust. 20 Dbh con árboles en pendientes

Si nos encontramos con un árbol que se ramifica antes de 1.3 metros en cualquiera de las situaciones antes descrita se anotaran los dbh de cada rama que posea un dbh mayor o igual a 4 centímetros.

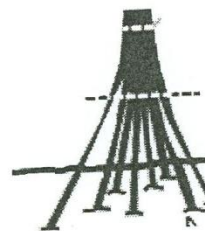


Ilust. 21 Dbh en llano con árbol de tallo bifurcado

Existen algunos árboles, tales como los yagrumos y la ceiba, en donde el determinar los 1.3 metros requiere de otras consideraciones. Los yagrumos poseen raíces de afincamiento los cuales en algunas ocasiones están sobre la superficie del suelo. La ceiba posee raíces tabulares las cuales tienden a ser de mayor extensión a medida de que el árbol posee mayor edad. Para ambas situaciones se requiere de determinar donde finaliza el sistema de raíces, o sea, donde comienza el tronco. Una vez que ello se efectúa se procede a medir 1.3 metros.



Ilust. 22 Dbh para árbol de ceiba



Ilust. 23 Dbh para árbol de yagrumo

Antes de proceder a colocar la cinta de dbh, en cualquier árbol independientemente de su posición, debemos asegurarnos de que el tronco a esa altura esté libre de bejucos, caracoles o de otros organismos vivientes o no. Los bejucos proceden a levantarse para lograr pasar la cinta de dbh por debajo de éste sin fragmentar o partir a éstos hasta donde sea posible. Al lograr ese objetivo se procede a pasar la cinta a esa altura del árbol manteniéndola de forma horizontal siguiendo la circunferencia u ondulaciones del árbol. Luego se procede a leer el dato como se ilustra en el ejemplo siguiente. El punto 0.0 quedará paralelo al dbh a reportarse.



Foto 73 Medida de dbh (32.8 cm)

En aquellos árboles que poseen espinas en sus troncos es recomendable remover las mismas. De lo contrario la posibilidad de producirse un accidente es viable, máxime si se produce un resbalón.

Recuerde siempre tomar en consideración que la cinta de dbh se desliza o se coloca por el contorno del tronco, o sea, por encima de sus ondulaciones. Existen árboles donde el tronco no siempre es de forma cilíndrica o parecida. En esos casos necesitamos tomar ello en consideración. En otras ocasiones existen nudos o anillos de crecimiento en los troncos. Ello es típico de las palmas. Ese dato se anota en la columna de observaciones y es recomendable repetir el procedimiento a 1.4 m y 1.2 m de altura para obtener un promedio. No obstante, los datos reportados a esa altura se incluirán en las observaciones. Luego de determinar la lectura del dbh, procederá a retirar la cinta con mucha prudencia ya que el final de la misma es en forma de gancho y puede provocarle una herida en especial en cualquier parte de su brazo.

Cada árbol o arbusto con un dbh igual o mayor a 4 centímetros se le coloca una identificación en una placa de aluminio a una altura aproximada de un metro. Utilizando un clavo de aluminio por la apertura de la placa antes descrita, la cual puede ser de forma rectangular o cilíndrica, y mediante el uso de un martillo procedemos a golpear el clavo hasta hundirlo a una profundidad de la mitad del largo de éste. El clavo de aluminio se ubicará a una altura de un metro, o sea, a 0.30 metros más debajo de donde se lleva a

cabo la lectura del dbh. Mucha prudencia cuando se trabaja con árboles que producen diversos tipos de látex.

A cada placa de aluminio se le asigna un número que comienza en el número 1 y así sucesivamente hasta lograr medir todos aquellos árboles o arbustos con un dbh igual o mayor de 4 centímetros. Ningún número puede repetirse. Ese número es el equivalente a su número de seguro social.



Foto 74 Árbol con etiqueta de metal con el número 1352

La placa de aluminio debe de quedar libre de movimiento. Eso se puede verificar al tratar de mover el mismo. Ello le brinda un espacio de manera de que cuando el árbol crezca tenga espacio para mover la etiqueta o placa descrita. En ocasiones los árboles demuestran un gran crecimiento y cuando ello sucede la etiqueta de aluminio tiende a incrustarse en la corteza del tronco o se pierde en el bosque quedando por lo regular bastante cerca del tronco del árbol respectivo si no ha ocurrido un huracán o fuertes ráfagas de viento.

Los árboles no siempre demuestran un incremento en dbh. En ocasiones, tales como largas temporadas de sequías, los árboles reducen su diámetro. No obstante, cuando tomamos las medidas de dbh y notamos una reducción con respecto a la lectura anterior siempre es recomendable el volver a medir. Lo mismo debe de aplicarse cuando encontramos un incremento muy significativo.

La ramificación de los árboles o arbustos antes de 1.3 metros suele ocurrir con cierta regularidad. Cuando eso sucede al determinar el dbh por primera vez aquel tallo que posee el diámetro mayor llevará la etiqueta principal o sea el número de identificación sin letras. Los demás, o sea, aquellos que también posee un dbh mayor de 4 centímetros a 1.3 metros de altura llevarán el mismo número pero añadiendo las letras del alfabeto de mayor a menor dbh.

Altura

La altura de un árbol es aquella medida en metros desde donde se inicia el tronco hasta la parte más alta del árbol. En ocasiones la parte más alta del árbol está muerta y por ende hacemos anotaciones de hasta donde posee vida pero sin dejar de reportar toda la altura. En ocasiones la parte más alta del árbol es frágil a la velocidad de los vientos y ésta se inclina dificultando el proceso de determinar su altura total. Por otro lado, suele ocurrir el no poderse distinguir la parte más alta de un árbol debido a que éste se encuentra entre las ramas o el tope de otros árboles. En esos casos es muy útil el uso de binoculares o el de provocar un movimiento del árbol, si es posible, para así poder determinar la parte más alta del árbol bajo consideración. Para efectuar tal proceder es necesario el determinar o examinar que no existan ramas muertas u otras partes de los árboles que puedan caer y provocar un accidente.

Se denomina cañón o fuste a aquella parte del tronco que no posee ramas. En las palmas el cañón o fuste se localiza desde su base hasta la florescencia o donde terminan los anillos del trono. Cuando los árboles son de gran altura o se ubican en pendientes existen ocasiones en que es muy difícil determinar la copa de éste. No obstante, existen una serie de técnicas y de instrumentos que nos ayudan a determinar la altura de los árboles. Entre ellos se ubican el sistema de regla, las varas y los altímetros.

- A. Sistema de regla: el sistema de la regla es una técnica de uso muy común pero requiere de práctica para familiarizarse con ella. Para determinar la altura de un árbol con el sistema de la regla es necesario una regla y un asistente del cual se conoce su altura. El asistente se coloca en la base del árbol, o sea, al frente del tronco. La otra persona se ubica a una distancia que pueda observar a su asistente así como el tope o la parte más alta del árbol. Con la regla se determina la altura del asistente en pies o metros. Luego sin mover la regla se observa el tope del árbol en relación a la regla y se hacen las conversiones. Para efectos de ilustración utilizamos el ejemplo siguiente.

La altura del asistente es 1.65 metros lo cual equivale a 0.5 pulgadas. Por tanto la altura del árbol es 18.15 metros. Ello se obtiene multiplicando 11×1.65 metros = 18.15 metros. El 11 proviene de 11 medias pulgadas. Este sistema es muy práctico en lugares donde existen llanuras o poca pendiente.



Foto 75 Sistema de regla para medir altura

- B. vara: es una vara graduada en pies o metros de “fiberglass” que se compone de varias piezas las cuales se van extendiendo hasta llegar a la parte más alta del árbol. Cada pieza posee un seguro manual pero es necesario el familiarizarse con la colocación de éste ya que puede pinchar o golpear los dedos. Para determinar la altura de un árbol con este sistema se requiere de un mínimo de dos personas. La persona que posee la vara se coloca debajo del árbol. Su asistente determina visualmente la copa del árbol y le indica a su compañero en que momento el tope de la vara está paralelo con la parte más alta del árbol. Para facilitar la visibilidad del tope de la vara es recomendable el colocarle “flagging” de un color llamativo.



Foto 76 Vara telescópica de medir altura

La persona que está manejando la vara tiene que tomar en consideración el declive del terreno. Siempre se trabaja del lado arriba de la pendiente sobre la

base del árbol. Si laboramos en un lugar sin pendiente no importa donde el manejador de la vara de altura se ubique. Recuerde que es un proceso similar a la determinación del dbh. Debe de pararse en un lugar fijo y seguro de manera que no se entorpezca el trabajo con las piezas de la vara. Una vez ubicado correctamente en la base del árbol comienza a ir abriendo cada una de las secciones de la vara hasta que ésta alcance la altura del árbol o arbusto de interés. Procedemos a leer en la vara la correspondiente medida cuando observamos las porciones de la vara que se desplazaron. En Puerto Rico se dice que muy pocos árboles alcanzan una altura mayor de 21.5 metros (70 pies). Ante esa consideración una vara de unos 15 metros es muy apropiada para su uso ya que a ésta le podemos añadir, de ser necesario la altura de la persona que la está manejando.

- C. altímetro “Blume-Leiss”: es un instrumento ideal para determinar la altura de los árboles. La altura del árbol se lee directamente de la escala que posee el instrumento. El altímetro ofrece las conversiones de por ciento/grados y factores de corrección de grado/pendiente en la parte de atrás del instrumento. Las diferencias de la líneas bases están a 15, 20, 30 y 40 metros. Este modelo también trabaja como clinómetro con lecturas de grados de -30 grados a 60 grados.

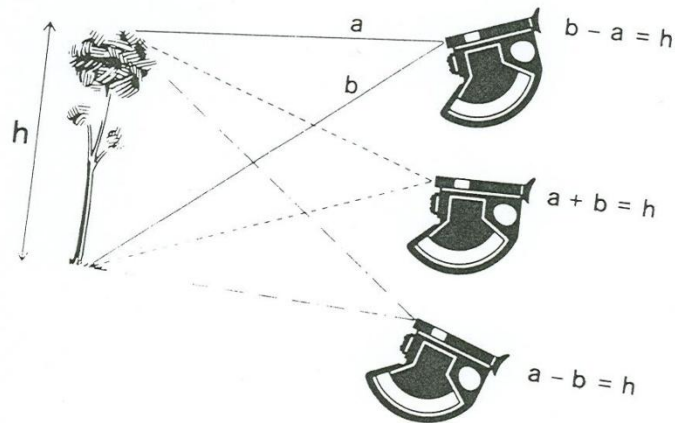
La escala, la cual se encuentra en el altímetro será empleada en acorde con la distancia que el medidor se encuentra de la base o tronco del árbol (15, 20, 30, 40 metros). Para determinar esa distancia se puede utilizar una cinta en metros o simplemente empleando la tabla de escalas. Para determinar que el altímetro está calibrado se mide la distancia con una cinta métrica desde un objetivo o punto de referencia a 15, 20, 30 ó 40 metros. Al utilizar el altímetro con cualquiera de esas distancias deben de coincidir. La tabla de escalas consiste de un conjunto de piezas retractables numeradas las cuales indican distancia, o sea, 15, 20, 30, 40 metros. El asistente del medidor la coloca o fija la tabla de escalas en la base del árbol de manera que pueda ser observada por el medidor. Al observar por la mira aparecen unas franjas blancas sobre un fondo de color negro. Cuando las franjas blancas se sobreponen ello es indicativo de que el medidor está a cierta distancia de la base o tronco del árbol (15, 20, 30, 40 metros).

Una vez se determina la distancia a la que se encuentra el medidor del árbol procederá a determinar la altura empleando para ello la escala correspondiente (15, 20, 30, 40 metros).

Si está trabajando en un lugar llano, la altura total del árbol es la suma de A y B.

Si está trabajando en lugares con pendientes o declives de terreno debe de tener en cuenta lo siguiente:

- a. a-Si está ubicado a favor de la pendiente, la altura del árbol será B menos A.
- b. b- Si está trabajando en contra de la pendiente, la altura del árbol será A menos B.



Ilust. 24 Determinación de la altura (h) de los árboles mediante el uso del altímetro dependiendo del declive del terreno



Foto 77 Altímetro Blume-Leiss

D. Estimación de la altura mediante el uso de ángulos y distancia

Cuando trabajamos a una distancia conocida de la base de un árbol, la altura de éste puede ser estimada mediante el uso de las escalas porcentuales. Para lograr ello se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{altura del árbol} = (B + A) \cdot HD$$

A = lectura en por ciento del punto más bajo del árbol

B = lectura en por ciento de la parte más alta del árbol

HD = distancia horizontal desde la base del árbol al técnico. Indica la escala a utilizarse.

Al efectuar el cálculo para la estimación de la altura del árbol debe recordar cuando sumar o restar A ó B. La regla es de restar cuando ambos (A y B) son positivos o negativos. Procede a sumar cuando ambos son diferentes.

Ejemplo: Usted está ubicado a 20 metros en la parte baja de una pendiente donde desea medir la altura de un árbol que se ubica a la mitad de una pendiente. El ángulo A es +30 y el ángulo B es +80

Altura del árbol = $80 - 30 = 50$ metros

Sotobosque

El sotobosque es aquella vegetación que es formada por plantas, arbustos o árboles jóvenes que crecen bajo los árboles que forman el dosel principal de un bosque. Éste podría constituir parcial o gran parte del bosque eventual de un área determinada. No obstante, tal situación es objeto de una serie de factores entre los cuales se ubican la caída normal de los árboles, los huracanes, los deslizamientos de terreno, erosión o la intervención humana. Estos factores poseen el potencial para la creación de aperturas en el dosel del bosque.

La creación de una apertura en el dosel del bosque es un espacio que suele ocuparse por otros árboles con suma rapidez. No obstante, dicha apertura, provoca una entrada mayor de luz lo cual a su vez conduce a un rápido crecimiento de aquellos árboles o arbustos que poseen menor altura o dbh. Por consiguiente, los estudios de crecimiento de esta estrata del bosque deben de coordinarse con los demás trabajos de campo que se llevan a cabo en el lugar de estudio.



Foto 78 Sotobosque

Normalmente los arbustos que poseen un diámetro menor de 4 centímetros no son evaluados o estudiados como aquellos que poseen un diámetro igual o mayor a 4 centímetros. Para lograr ese objetivo se escogen al azar algunos o todos los cuadrantes de la zona de estudio. De seleccionarse algunos cuadrantes, sus resultados se extrapolan utilizando el área total del lugar de investigación.

El estudio de la vegetación de un lugar de investigación cuyos diámetros son menores de 4.0 centímetros nos permite un panorama de análisis mucho más amplio. Para lograr ese objetivo se establecen estratas del bosque estableciendo como parámetro el dbh. Ante esa circunstancia agrupamos los arbustos en dos categorías: menores de 2 centímetros y aquellos que poseen un diámetro de 2 a 3.99 centímetros.

Es muy usual, entre estas dos estratas, el comenzar a estudiar la vegetación leñosa cuyo diámetro se ubica entre 2.0 y 3.99 centímetros. En algunas áreas de investigación el número de individuos de esta categoría suele ser superior a aquella en la cual se ubican los árboles o arbustos con un dbh mayor o igual a cuatro centímetros. Los ejemplares de las especies arbóreas que se ubican en esta estrata posiblemente serán aquellos que en la eventualidad se ubicarán en la siguiente estrata (con un dbh mayor o igual a 4 centímetros).

A los ejemplares de esta estrata (2 a 3.99 centímetros de dbh) se les asigna un número de identificación. Este procedimiento consiste en escribir el correspondiente número de identificación en una etiqueta de aluminio. Ésta se fija con un alambre permitiendo que sea flexible para que de esa forma el crecimiento a experimentarse por el arbusto no se dificulte. En este procedimiento no se utilizan clavos de aluminio para fijar la etiqueta con el número de identificación por que los tallos proceden a rajarse. Es ideal efectuar ese procedimiento para con todos los ejemplares de esa estrata que poseen ese requisito de diámetro. De no poderse realizar debido a lo extenso del área de investigación o a la gran cantidad de ejemplares de las diversas especies se procede a seleccionar al azar varios cuadrantes y luego realizar una extrapolación de los datos.

Con el transcurso del tiempo ejemplares de esta estrata del bosque mueren por diversas causales o alcanzan un diámetro de 4 centímetros o más. Cuando la última de las situaciones expresadas se lleva a cabo dicho árbol o arbusto ingresa como un “in-growth” en la data de los árboles o arbustos con un dbh mínimo, igual o mayor de 4 centímetros. De morir el arbusto, la etiqueta de identificación permanece con él y ese número nunca más vuelve a ser utilizado. En ese momento puede darse inicio a los estudios de descomposición. No obstante, es necesario establecer un registro de los ejemplares de las diferentes especies arbóreas que han sido catalogados de baja o muertos en el estudio. Es recomendable el llevar también un registro de los árboles o arbustos denominados “in-growth.”

Los datos a recopilarse en esta estrata del bosque poseen los mismos parámetros de estudio y análisis de aquellos que se ubican en la estrata de un diámetro igual o mayor a los 4 centímetros.

Cuando estudiamos un área de investigación forestal y vamos a considerar desde sus inicios el estudio del sotobosque, lo cual recomendable, debe de tenerse en consideración los números de las etiquetas a asignarse. Los números que se asignarán al sotobosque comienzan con el número siguiente a la estrata de 4 centímetros o más de dbh que ha sido asignado. El siguiente ejemplo es ilustrativo de lo antes descrito. En un área de investigación poseemos inicialmente 124 árboles con un dbh mayor o igual a 4 centímetros de dbh. Al comenzar a otorgar números a los arbustos con dbh entre 2 y 3.99 centímetros comenzamos con el 125. No obstante, esas observaciones deben de anotarse.

Para la evaluación de las plántulas ubicadas en un área de investigación (menos de 2 centímetros de dbh) es necesario el seleccionar al azar varios cuadrantes de un metro cuadrado. La experiencia del investigador es vital para la identificación de las plántulas. Luego se procede a tomar los datos de altura, dbh (en la base de la plántula) y las respectivas observaciones. A las plántulas no se le colocarán etiquetas de aluminio.

Caída de hojarasca (Litterfall)

Es la caída de materia orgánica que procede de los diversos doseles de un bosque y que constituye la capa más superficial de la hojarasca del horizonte o del perfil O del suelo. La caída de hojarasca es vital para determinar la cantidad de materia orgánica y sus respectivos nutrientes en cada una sus categorías o componentes.

De los árboles se desprenden, por diversos motivos las hojas, las ramas, las flores, los frutos, fragmentos de cortezas o pedazos del tronco. No obstante, no todos ellos llegan a tener contacto con el suelo de forma inmediata. Cuando estamos en el bosque y observamos los diferentes doseles del mismo podemos reconocer hojas, ramas, flores o frutos que están colgando o recostados de las ramas o troncos de otros árboles. Eventualmente, ante la influencia del viento, o de otros factores, éstos van a estar en contacto con el suelo. Sin embargo, su grado o nivel de descomposición puede ser diferente al de las hojas, las ramas, la madera, las cortezas, las flores o los frutos que ya están sobre el suelo. En los bosques se ha observado que alrededor de un 70% de la caída normal de la hojarasca está representada por las hojas mientras que a medida que un bosque va madurando o madura se incrementa la cantidad tejido leñoso que llega al suelo (Lonsdale, 1988, págs.319-324).

Las hojas grandes como las del yagrumo hembra (*Cecropia schreberiana*) y el yagrumo macho (*Didymopanax morototoni*) suelen quedar atrapadas entre las ramas o los troncos de los árboles. De igual forma suele suceder con las pencas de las palmas, con las hojas de los pinos o las del panapén. Dentro de ese contexto, el grado de humedad del bosque va a influenciar en gran medida en la velocidad de descomposición de la hojarasca. A mayor humedad la velocidad de la descomposición de las hojas es mayor. Por otro lado, la naturaleza química de las diversas partes del árbol también influye en el proceso de descomposición.

Para el estudio de la caída libre de la hojarasca se requiere del empleo de una serie de colectores o canastas las cuales poseen un área ya determinada. Por lo regular el área de éstas suele ser de 0.5 metros de largo por 0.5 metros de ancho (0.25 m^2). También es usual el ubicar una canasta en el centro de cada cuadrante del estudio. De existir un árbol en la parte céntrica del cuadrante poseemos otras alternativas de ubicación las cuales poseen el siguiente orden de prioridad: un metro más al norte, sur, este u oeste.

En la construcción de una canasta para ser empleada en un estudio de caída de hojarasca se requieren los siguientes materiales: tela denominada “sarán”, tela metálica de una apertura de 0.25 pulgadas por 0.25 pulgadas, tijeras, alambres, etiquetas de aluminio y tubos de policloruro de vinilo (pvc). Las canastas suelen ubicarse de forma horizontal sobre el declive del terreno. Para lograr ese objetivo se utilizan tubos de pvc finos los cuales nos ayudan a nivelar y/o estabilizar la canasta. Los tubos de pvc a ser utilizados en el campo suelen poseer diversas longitudes dependiendo de las circunstancias del terreno. La tela metálica debe de ser cortada en franjas que posean un ancho de cuatro pulgadas y un largo de dos metros. Luego se procede a efectuar el marco de la canasta provocando dobleces a un largo de 50 centímetros. Para lograr ese propósito se utilizan alambres o grapadoras. El sarán a ser utilizado como la base o fondo de la canasta se adhiere a la tela metálica con el uso de alambres. El sarán también quedará fijo en los cuatro bordes de la canasta. Siempre es recomendable que la base de la canasta no quede totalmente lisa sino con un poco de flexibilidad. Ello es vital en la reducción de la velocidad con que caen las hojas, ramas, flores o frutos así como de las gotas de agua de lluvia. Esa flexibilidad es recomendable para la rápida salida del agua que cae en la canasta. Por otro lado, ayuda a que no se acelere la descomposición de la materia orgánica que proviene de los árboles. La utilización de ganchos fijadores de canastas en conexión a los tubos de pvc suele utilizarse para evitar un deslizamiento de la canasta en cualquier dirección.



Foto 79 Canasta plástica prefabricada a la cual se le reemplaza el fondo con “sarán” debido a la acumulación de agua

Cada canasta de recolección de caída de hojarasca posee una etiqueta de identificación. Ésta se ubica hacia uno de los bordes de la parte de afuera de la canasta para que no interrumpa la caída de la hojarasca. Ese número es el equivalente al número de seguro de social nuestro. La otorgación de los números de las canastas debe de poseer un orden a

seguir, o sea, moviéndonos de cuadrante en cuadrante. Si todos los cuadrantes van a poseer canastas el cuadrante número uno, posee la canasta número uno y así sucesivamente. Siempre es recomendable poseer canastas adicionales listas para su uso o materiales disponibles y a la mano para llevar a cabo las reparaciones necesarias en el área de estudio.

Cuando se realiza la recolección de hojarasca ubicada en las canastas también podemos encontrar piedras, chapas, terrones, insectos, excrementos de pájaros, huevos o sus plumas. Éstos se eliminan de la recolección en el campo pero hacemos anotaciones de lo allí encontrado. En lo referente a las plumas podemos llevarlas para una posterior identificación si es que no le podemos identificar en el campo. En otras ocasiones nos encontramos con porciones de hojas, ramas, flores, frutos o de cortezas, entre otros, que cubren parcialmente el área de las canastas. En esos casos se emplea una tijera o cerrote, según sea el caso, para cortar todo aquello que se ubica dentro o sobre la canasta. En el proceso de recolección de la materia orgánica de cada canasta es muy importante llevar a cabo observaciones.

Las observaciones son de gran utilidad para los análisis de los resultados. Ejemplo de ello lo constituyen, entre otras, las siguientes situaciones: presencia de hojas y ramas verdes, flores o frutos, árboles caídos, ramas desprendidas, derrumbes, sequía o lluvias. Por otro lado, resulta de gran beneficio para el desarrollo del estudio si poseemos información sobre las diversas especies que se encuentran en el área de investigación. De esa forma podemos tener conocimiento, entre otras cosas, sobre cuando ocurre la floración, el desarrollo de los frutos, la caída de hojas o la renovación de éstas. Tal observación es de vital importancia en plantaciones o en aquellos bosques secundarios cuyas especies son caducifolias.

La materia orgánica de cada canasta se recoge en fundas o bolsas de papel. Éstas deben de poseer por lo menos la siguiente información: identificación del estudio, lugar, fecha, número de canasta y el nombre o los nombres de los recolectores. Siempre es recomendable poseer empaques de diversos tamaños y disponibles ya que en ocasiones el volumen de la muestra a recolectarse puede variar de una fecha a otra. En aquellos casos en que el volumen de una muestra sea considerable se utiliza más de un empaque. No obstante, estos empaques también tienen que estar debidamente rotulados. Ejemplo de una recolección que consta de tres empaques es la siguiente: 1 de 3, 2 de 3, 3 de 3. En ocasiones la fecha de recolección puede coincidir con una temporada de sequías o de lluvias. Si el escenario es lluvioso es requerido el uso de empaques plásticos que luego serán vaciados en otros de papel debidamente identificados.

La identificación de las muestras nos permite su localización en todo el proceso del manejo de la misma. Por otro lado, ello es de suma importancia si existe la posibilidad del uso compartido de los hornos las cuales poseen muestras que provienen de otros lugares de estudio.

Cada vez que recolectamos en cada canasta debemos de asegurarnos de lo siguiente: ubicarla o retornarla a su lugar correspondiente, examinar la tela del sarán de manera que no posea roturas, desgarres o huecos, examinar los bordes de las canastas para determinar

que no estén deformes ya que los bordes de las canastas puede variar de forma significativa. Siempre es recomendable tener disponible todos los materiales que se requieren en la construcción o reconstrucción de éstas. De esa forma toda reparación o sustitución de canastas se lleva a cabo en el campo. La desaparición de canastas suele ocurrir cuando ubicamos un área de investigación cercano o aledaño a una quebrada o río en donde se acostumbra la pesca con cierta regularidad. Las canastas poseen el potencial de ser empleadas por los pescadores como nasas de pesca.

Antes de salir del área de investigación asegúrese de que lleva consigo todas las recolecciones. Para efectuar ello un conteo de fundas es necesario. No olvide que en ocasiones podemos contar con más de una funda de recolección por canasta.

La recolección de materia orgánica de cada canasta se realiza cada dos semanas pero debemos de hacer lo posible por tratar de hacerlo más o menos a la misma hora. Los nombres de las personas que efectúan la recolección deben de anotarse siempre.

Al ingresar las muestras al laboratorio para dar paso al proceso de secado debemos de realizar los siguientes pasos: observar que la temperatura sea 65 °C, examinar que los empaques no estén rotos o despegados, firmar la hoja de entrada de muestras al horno (día, hora, número de muestras, tipo de estudio, procedencia, recolector), ubicar las muestras en un espacio que facilite la circulación del aire caliente y asegurarse de que las muestras no se contaminen o se mezclen unas con otras.

El tiempo que las recolecciones de hojarasca permanecen en el horno varía de muestra a muestra ya que ello depende de la composición de cada muestra. No obstante, éstas se deben de pesar por lo menos cada tres días para ir determinando la reducción en peso. Una muestra llega a su peso estable cuando la lectura de su peso en dos pesadas consecutivas es igual u oscila alrededor de una diferencia de más o menos un gramo. Al sacar la muestra del horno, éstas ganan humedad de forma acelerada y por tanto es necesario su manejo (peso) lo más rápido posible. Siempre hay que tener en consideración el que las balanzas estén calibradas.

En ocasiones las recolecciones que vienen del campo están bastante secas lo que permite clasificarlas antes de colocarlas en el horno. Por consiguiente, el tiempo que las recolecciones permanecen en el horno para llegar a un peso estable se reduce notablemente. La clasificación se hace de la forma siguiente: hojas, maderas menor o igual a dos centímetros de ancho, maderas mayor de dos centímetros de ancho, flores/frutos y misceláneas. La categoría denominada misceláneas es considerada como todo aquello que el clasificador no puede definir entre hojas, maderas, flores o frutos. Es muy recomendable que el clasificador y el recolector de campo sean la misma persona. De no ser así el clasificador debe de tener la oportunidad de ir al campo para familiarizarse con el área de investigación, especialmente con las especies arbóreas así como con el proceso de recolección. La capacidad de un clasificador de hojarasca guarda una relación directa con los pesos reportados en cada una de las categorías de clasificación, es especial con las misceláneas. Por otro lado, un mal manejo de las recolecciones de campo va a influenciar, de manera significativa, en la clasificación de las categorías de las muestras. Por lo regular en el manejo de recolección y clasificación

de las muestras suelen fragmentarse sus componentes, en especial las hojas. Ante esa situación es posible que el clasificador les describa como misceláneos cuando no lo son. Dentro de esa perspectiva es necesario que el clasificador reconozca, entre otras cosas, cuáles de las especies arbóreas de su área de investigación poseen hojas compuestas o simples, época de floración, si son caducifolias o no.

Una vez las recolecciones de cada canasta son separadas en las categorías antes descritas, éstas se ubican en fundas independientes retornando todas ellas al empaque de donde salieron del horno. En ocasiones se requiere hacer un nuevo empaque y por tanto es necesario identificar a éste con toda la información necesaria requerida. En ese momento hay que poseer la certeza de que dichas clasificaciones corresponden al número de canasta correspondiente. Recuerde que el lugar donde se clasifica no debe ser uno ventilado pero sí con muy buena iluminación. Por otro lado, el clasificador debe contar con unas pinzas y una lupa manual o fija a la mesa de trabajo. Esos instrumentos son vitales para una buena clasificación de la hojarasca.

Las recolecciones una vez secas proceden a pesarse reportándose los datos según el modelo siguiente:

Tabla 3 Modelo para reportar los pesos secos en un proyecto de caída de hojarasca.

Caída de Hojarasca							
Fecha de recolección_____							
Lugar_____							
Recolectores_____							
Fecha de pesaje _____							
Número de muestra	Hojas	Madera < ó = 2 cm	Madera > 2 cm	Total de madera	Flores/frutos	Mis.	Total (g)
1							
2							
TOTAL							

Al final de la hoja de reporte de los pesos secos de la caída de hojarasca debe de aparecer la firma o las firmas de o de las personas que llevaron a cabo el pesaje de las muestras.

Tabla 4 Modelo de reporte de los pesos secos de la primera recolección de caída de hojarasca en el Bosque Estatal de Cambalache

Caída de Hojarasca							
Fecha de recolección: 4 enero 2009							
Fecha de Pesaje 12 de enero 2009							
Recolectores: Dolores Pérez y Juan Sánchez.							
Bosque Estatal de Cambalache							
Número de muestra	Hojas	Madera < ó = 2 cm	Madera > 2 cm	Total de madera	Flores/Frutos	Mis.	Total (g)
1	3.456	0.450	3.892	4.342	0.921	0.431	9.150
2	2.907	0.333	0.450	0.783	0.065	0.007	3.762
3	6.456	0.444	0.772	1.216	0.458	0.419	8.549
4	4.569	0.665	0.051	0.716	0.008	0.004	5.297
5	10.458	0.279	2.007	2.286	0.666	0.008	13.418
6	2.009	2.000	0.993	2.993	0.831	0.003	5.836
TOTAL	29.855	4.171	8.165	12.336	2.949	0.872	46.012
Pesaje efectuado por Rubén Díaz.							

Las canastas que hemos utilizado en el campo poseen las siguientes dimensiones: largo (50 cm), ancho (50 cm). El área de investigación consta de 20 m de largo X 20 m de ancho lo cual equivale a 400 m², o sea 0.04 ha.

El paso siguiente al pesaje de las muestras consiste en la preparación de las muestras que serán enviadas al laboratorio para el análisis químico de cada categoría clasificada. Para efectos de ilustración utilizamos los datos de peso seco de las hojas de la Tabla 4.

Para lograr ese objetivo se unen las seis muestras de las hojas que proceden de la recolección del 4 de enero de 2009. La unión de esas seis muestras se efectúa en una bolsa de papel grande o en un envase donde se puedan mezclar las muestras sin perder parte de las mismas. Al mezclarse las muestras el manejador de las mismas puede ir fragmentando las hojas. Ese proceso es crucial ya que poseemos dos alternativas de molienda y se requiere un método a seguir.

Recuerde repetir ese mismo procedimiento para una de las categorías: madera menor o igual a dos centímetros, madera mayor de dos centímetros, flores/frutos y las misceláneas.

Las dos alternativas de molienda, las cuales ambas son viables, son las siguientes: moler toda la muestra que se ha unido y de ahí proceder a seleccionar la muestra que se enviará al laboratorio, o, moler solamente una parte de la muestra. Por lo regular ésta última alternativa es la de mayor uso ya que entre otras ventajas representa una economía

significativa de tiempo y recursos. En ocasiones aún cuando se considere la segunda de las opciones y el volumen o peso seco de las muestras a ser molidas sea muy bajo tendrá el manejador de las muestras que optar por la primera alternativa para ese caso en específico. El método a seleccionarse debe de ser el mismo a seguir durante el desarrollo del estudio. No obstante, la fragmentación de las muestras a ser molidas debe de llevarse a cabo en su totalidad. También debe de asegurarse, de poseer muestras adicionales en caso de que se requiera enviar de ellas a otros laboratorios dentro o fuera del país y de que el laboratorio o el investigador requieran duplicidad de muestras para ser almacenadas por si acaso sucede cualquier eventualidad.

Una vez se han molido las muestras que se enviarán al laboratorio para su análisis químico es necesario el preparar una hoja de cotejo de las muestras que se le están enviando. A la llegada de éstas al laboratorio las mismas son cotejadas de manera que la hoja de cotejo coincida totalmente con la cantidad y categorías de las muestras que se envían. Por otro lado, la información de las etiquetas de los envases debe de estar clara y precisa. En caso de duda el laboratorio no recibe la totalidad de las muestras hasta que se resuelva la situación que a ello conduce.

El envase de muestra para análisis químico de las diferentes categorías que componen la caída de hojarasca poseen etiquetas con la siguiente información: lugar o número de estudio, fecha, categoría a ser analizada y nombre del investigador. Para ejemplo de ilustración de la tabla número 4 la etiqueta debe de poseer la siguiente información: Bosque Estatal de Cambalache, Caída de hojarasca, hojas, 4 enero 2009, Dr. Cuevas. Nunca prepare etiquetas en lápiz o bolígrafo. Éstas se diseñan en un programa de computadora de manera que pueden ser identificadas con suma facilidad. Descarte toda etiqueta que no esté completa o que no se adhiera con suma facilidad al envase.

Es muy importante el asegurarse de que los molinos estén completamente limpios cada vez que se realiza una molienda y de que las mallas o cedazos de los molinos estén en perfectas condiciones. Siempre se debe contar con mallas y cedazos de los molinos adicionales. Esto evitará que la molienda se detenga debido a esa situación.

Tabla 5 Modelo para el inventario de las muestras de caída de hojarasca para fines de análisis químico de laboratorio

Modelo						
Lugar de estudio: _____						
Fecha: _____						
Investigador: _____						
Número de muestra	Hojas	Madera < ó = 2 cm	Madera > 2 cm	Flores/ frutos	Mis.	Total de muestras
1	X	X	X	X		4
TOTAL	1	1	1	1	0	4
Técnico que realiza la molienda.						

Una marca X en la hoja de cotejo indica que se envía una muestra de la categoría correspondiente. No obstante, existen ocasiones en que el envase de las muestras no está lleno a capacidad. Ello dependerá de la cantidad de muestra que proviene del campo. En ese caso, se requiere especificar tal situación en la hoja de cotejo.

Un espacio en blanco en la hoja de cotejo para una categoría indica que no se envía tal muestra. Entre las razones que motivan esa situación se encuentran el que no se reporten pesos secos para tal categoría o de que la muestra sea muy reducida propiciando el que ésta se quede circulando en las mallas del molino.

Los siguientes datos son ilustrativos de los resultados que nos envía el laboratorio. Éstos pueden estar expresados en g/kg ó en %. (Benton Jones, Wolf y Mills, 1991, p. 37). Para hacer la conversión de % a g/kg se multiplica por diez. Por ejemplo, en la Tabla 6 la concentración de azufre (%) en las hojas es de 0.321. Para expresarle en g/kg multiplica $0.321 \times 10 = 3.21$ g de azufre/kg de muestra.

Tabla 6 Modelo de reporte de análisis químico de la caída de hojarasca en el Bosque Estatal de Cambalache

Reporte de Laboratorio (mg/g)					
Lugar de estudio: Bosque Estatal de Cambalache					
Fecha: 4 enero 2009					
Nutrientes	Hojas	Madera < ó = 2 cm	Madera > 2 cm	Flores /frutos	Misceláneas
Calcio	7.073	5.141	6.009	0.632	No aplica
Fósforo	0.536	0.228	0.345	0.436	No aplica
Aluminio	0.057	0.067	0.045	0.004	No aplica
Hierro	0.074	0.074	0.077	0.319	No aplica
Manganeso	0.198	0.198	0.333	0.953	No aplica
Potasio	20.301	7.538	6.999	1.459	No aplica
Magnesio	4.402	1.423	1.538	0.429	No aplica
Carbono*	48.43	51.58	51.41	42.23	No aplica
Azufre *	0.321	0.287	0.117	0.021	No aplica
Nitrógeno *	2.210	1.530	0.880	1.610	No aplica
Ceniza *	8.140	3.120	1.910	2.720	No aplica

* Valores expresados en %

Para la determinación de la materia orgánica de cada categoría necesitamos saber los siguientes datos: peso seco total de la categoría, número de días entre cada colección y el número de canastas en el estudio de caída de hojarasca. Como ejemplo ilustrativo determinaremos la cantidad de materia orgánica para las hojas de la tabla núm. 4.

Peso seco total de las hojas 4 de enero del 2009 = 29.855 g

Número de días entre cada colección de caída de hojascas: 14 días. Recuerde que el intervalo de tiempo entre una colección de caída de hojascas y otra son 14 días, o sea, dos semanas. La primera colección de hojascas de este estudio se llevó a cabo el 4 de enero de 2009. Esas canastas de recolección de hojascas se colocaron en el área de estudio el 21 de diciembre de 2008. Esa primera colección cubre del 21 de diciembre de 2008 al 4 de enero de 2009.

Número de canastas: 6

Área de cada canasta: $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 0.25 \text{ m}^2$

El cálculo de la determinación de la materia orgánica de la caída de hojascas para las hojas de este estudio la cual se expresa en $(\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{día})$ es la siguiente:

Peso seco total de las hojas/ número de canastas X área de cada canasta /número de días entre las colecciones

$$29.855 \text{ g} / 6 \times 0.25 \text{ m}^2 / 14 \text{ días} = 1.42 \text{ g} / \text{m}^2 \text{ día}$$

Ejercicio: Proceda a calcular la cantidad de materia orgánica en cada uno de los componentes restantes, o sea, madera menor o igual a 2 cm, madera mayor de 2 cm, flores o frutos y misceláneos

Se procede luego a la determinación de la caída de cada nutriente en el área de investigación. Para efectos ilustrativos procedemos con el calcio en la caída de las hojas. Para ello necesitamos los siguientes datos:

Área de cada canasta $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 0.25 \text{ m}^2$

Número de canastas 6

Área total cubierta por las canastas $= 0.25 \text{ m}^2 \times 6 = 1.50 \text{ m}^2$

Peso seco del total de las hojas el 4 de enero del 2009 = 29.855 g

Concentración de calcio reportado en laboratorio para la caída de las hojas = 7.073 mg/g

Intervalo de colección = 14 días

Para la determinación de la caída de cada nutriente usamos la siguiente fórmula:

área de las canastas X peso seco de las hojas X concentración de calcio reportada en el laboratorio X $1\text{g} / 1000 \text{ mg}$ X $1\text{kg} / 1000 \text{ g}$ X $10000 \text{ m}^2 / 1 \text{ hectárea}$ =

$$1.5 \text{ m}^2 \times 29.855 \text{ g} \times 7.073 \text{ mg Ca/g} \times 1\text{g}/1000 \text{ mg} \times 1\text{kg}/1000 \text{ g} \times 1 \text{ hectárea}/10000 \text{ m}^2 =$$

$$1.5 \text{ m}^2 \times 29.855 \text{ g} \times 7.073 \text{ mg Ca/g} \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1 \text{ kg}/1000 \text{ gr} \times 10000 \text{ m}^2/\text{hectárea} = 3.1675 \text{ kg Ca/hectárea}$$

Como las colecciones son cada 14 días podemos establecer la cantidad de calcio por hectárea al día.

Para obtener ese resultado se procede de la siguiente forma:

$$3.1675 \text{ kg Ca/hectárea}/14 \text{ días} = 0.223 \text{ kg Ca/hectárea/día}$$

Precaución: cuando se realicen los cálculos para el calcio en las demás categorías (madera menor o igual a dos centímetros, madera mayor de dos centímetros, flores/frutos y misceláneas) debe estar pendiente de utilizar el peso seco y la concentración correspondiente que informa el laboratorio para esas categorías.

Ejercicio: Efectuar los cálculos correspondientes para determinar la cantidad de kg de los demás elementos que caen por hectárea por día.

Nota: Los artículos “A comparison of two secondary forest in the coffee zone of central Puerto Rico” (Popper et al, 1999, p. 27-41) y “Nutrient return and accumulation in litter of a secondary forest in the coffee region of Puerto Rico” (Lugo et al, 1999, p.43-74) constituyen ejemplos ilustrativos muy detallados sobre el dinamismo en el ciclo de nutrientes para la caída de hojarasca y la hojarasca acumulada en dos lugares de estudio que con anterioridad fueron dedicados al cultivo del café. Dentro de esa perspectiva, estos estudios resultan muy reveladores pues éstos se están efectuando en dos escuelas superiores que integran el Luquillo Long Term Ecological Research (LTER): Pablo Colón Berdecía de Barranquitas y Luis Muñoz Rivera de Utuado

Hojarasca acumulada (Looselitter)

En el suelo del bosque se acumula la materia orgánica procedente de los árboles la cual constituye el reciclaje natural del dinamismo del bosque. Allí encontramos hojas, ramas, flores, frutos, cortezas, madera y misceláneos los cuales se encuentran distribuidos en el bosque. Ese conjunto de materia orgánica, que procede de los árboles, es denominado hojarasca acumulada. Del estudio de la hojarasca acumulada en el bosque podemos determinar la cantidad de materia orgánica que procede de los árboles y los nutrientes que poseen sus categorías.

La hojarasca acumulada se puede clasificar en tres capas: la externa, la intermedia y la del interior. La capa externa de la hojarasca acumulada es aquella materia orgánica que ha caído recientemente y apenas se encuentra en estado de descomposición. Su manejo es fácil de manera que reconocemos las diversas categorías en las cuales ésta se clasifica. La capa intermedia posee cierto grado de humedad y se encuentra en las fases iniciales de descomposición. La descomposición es detectada una vez comenzamos a remover la hojarasca de esta sección. La capa inferior es aquella que está sobre el suelo y se encuentra en un estado avanzado de descomposición. Muchas de las hojas están fragmentadas, o exponen una gran porción de su esqueleto. Cuando llegamos a esta capa observamos que el suelo posee como una especie de arenilla muy fina lo cual indica que nos encontramos entre el suelo y la capa inferior de la hojarasca acumulada. En esta sección suelen encontrarse las raíces de las plantas y de los árboles. También suelen observarse insectos y en ocasiones lombrices de tierra.

Dependiendo del área de investigación así será el número de muestras de hojarasca acumulada que hay que considerar. El muestreo puede realizarse mensual, cada seis meses o anualmente. Es recomendable un lugar de muestreo por cada cuadrante de 5 metros de ancho por 5 metros de largo (25 m^2). Como este proceso habrá de repetirse posteriormente es necesario llevar un récord de los lugares que se han muestreado con anterioridad. De esa forma evitamos el repetir los lugares de toma de muestras.

Para establecer los lugares de muestreo siempre debemos conocer los puntos cardinales. En cada cuadrante el primer lugar de muestreo estará constituido por el noroeste (NO). Ver la ilustración núm. 24. El NO está indicado en la ilustración por una X. El segundo lugar de muestreo el cual puede realizarse a los seis meses o anualmente, se ubicará hacia el noreste (NE) de cada cuadrante. Ver ilustración núm. 24. El NE está indicado por Y. Los eventuales lugares de muestreo se ubicarán hacia el suroeste (SO) ó sureste (SE) de cada cuadrante. En el caso de que exista un árbol en el lugar pre-seleccionado para la recolección de la muestra de hojarasca acumulada el recolector puede moverse un metro hacia el NO o un metro a la NE según sea el caso.

En la ilustración núm. 24 el área de investigación es de unos 25 metros de largo por 25 metros de ancho, o sea, 625 m^2 . Cada cuadrante consta de 25 m^2 . Si se efectúa una muestra de hojarasca acumulada por cuadrante tendremos un total 25 muestras. Recuerde que antes de salir del campo debe asegurarse de que lleva consigo todas las muestras de la hojarasca acumulada del lugar de investigación. Debe cerciorarse de que en ocasiones la muestra de un cuadrante puede estar constituida por varias fundas de empaque.

El área de muestreo de cada cuadrante estará constituido por 50 cm X 50 cm. Para lograr ese objetivo se utiliza un marco de metal o madera de esa área el cual debe fijarse en el suelo. Es recomendable que ese marco sea construido de un material pesado ya que así nos ayuda a fijarlo en el suelo máxime cuando hay ramas o pedazos de madera acumulados y desparramados en el área de estudio. Para efectuar el muestreo se va a requerir del uso de guantes, pinzas y de un cerrote en caso de tener que cortar ramas gruesas o troncos de árboles.

Las fundas de colección de la hojarasca acumulada son de papel grueso o plástico con una capacidad no menor de unas 25 libras. La información que tendrán las fundas de empaque es similar a la que se utiliza en la caída de hojarasca: lugar de investigación, fecha, recolector, número de cuadrante y número de la muestra.

En ocasiones la muestra posee cierto grado de humedad y es más recomendable usar empaques plásticos fuertes en el campo. Por otro lado, la presencia de madera o ramas en la muestra requiere de un manejo más cauteloso ya que existe una gran probabilidad de que el empaque plástico o de papel pueda romperse debido al peso de las muestras. Es usual que en la recolección de este tipo de muestra llevemos consigo piedras, caracoles, plumas, huevos, pedazos o trozos de suelo, vidrio o metal. Ello sucede especialmente en la capa interior de la hojarasca acumulada ya que debido a su avanzado estado de descomposición esa materia orgánica está mezclada con el suelo. Ante esa situación es preferible el muestreo de hojarasca acumulada en días no lluviosos.

Ilust. 25. Ubicación de lugares para efectuar estudios de hojarasca acumulada en un área de investigación modelo (625 m²)

Modelo de hojarasca acumulada

NO		N		NE	
X	Y	X	Y	X	Y
1		2		3	
X	Y	X	Y	X	Y
6		7		8	
X	Y	X	Y	X	Y
11		12		13	
X	Y	X	Y	X	Y
16		17		18	
X	Y	X	Y	X	Y
21		22		23	
X	Y	X	Y	X	Y
24		25			
SO		S		SE	

Las muestras de hojarasca acumulada requieren por su volumen de un mayor espacio en los hornos. Ante esa situación, la distribución de las recolecciones en el horno debe de ser no apiñada, de manera que el aire pueda circular fácilmente. Las boquillas de los empaques de las recolecciones deben de mantenerse abiertas ya que eso ayudará a secar mucho más rápido la muestra. Es necesario que al fluir el aire en el horno, éste no ocasione el que porciones de una recolección pasen de una muestra a otra. Ello puede ocurrir cuando las hojas de las muestras pierden peso. Por otro lado, el registro de entrada de muestras al horno que se efectúa con la caída de hojarasca es la misma que se utiliza en la hojarasca acumulada.

Dado el volumen de las muestras de hojarasca acumulada éstas deben de pesarse semanalmente de manera que podamos determinar el peso estable (seco). Una vez se determine que el peso es estable, o sea, que es el mismo peso en dos pesadas consecutivas o de que es más o menos un gramo de diferencia procedemos a clasificar la muestra. En ocasiones, en el proceso de secado es recomendable sacar la muestra del empaque y volverla a colocar en su empaque en el horno. Ese proceso se conoce como volteo de la muestra. Ese procedimiento nos ofrece una idea de cómo va funcionando el proceso del secado. Normalmente el olor de la hojarasca acumulada es desagradable por el grado de descomposición que representa al momento de la toma de la muestra. Ante esa

consideración, el uso de mascarillas y guantes es recomendable para las personas que manejan dichas recolecciones.

El proceso de clasificación de la recolección de hojarasca acumulada es igual al de la caída de hojarasca. No obstante, se deben eliminar las piedras, caracoles, vidrio, metal, plumas o el suelo que encontremos en el proceso de clasificación. Por lo regular éstos proceden de la capa de hojarasca acumulada más cercana al suelo. De aparecer algún pedazo de vidrio o de cualquier pedazo de metal éstos se eliminan o se sacan de la muestra ya que no son parte de nuestro objetivo pero sí se lleva constancia de ello (observaciones). De encontrarse en el campo, otros materiales tales como, pedazos o restos de zapatos, envases de vidrio, pedazos de cerámica o monedas se hace observación de lo ocurrido pero esos materiales permanecen en el lugar para fines de otros estudios. No olvide el volver a colocarlos en la misma posición en que fueron encontrados.

Los datos que se recopilan de peso seco neto de las muestras clasificadas de la hojarasca acumulada se reportan según el modelo siguiente:

Tabla 7 Modelo para reportar pesos secos en un proyecto de hojarasca acumulada

Modelo de hojarasca acumulada							
Fecha de recolección: _____							
Recolectores: _____							
Investigador: _____							
Lugar: _____							
Número de muestra	Hojas	Madera < ó = 2 cm	Madera > 2 cm	Total de madera	Flores /frutos	Mis.	Total (g)
1							
2							
TOTAL							

Nota: El procedimiento que se requiere para la determinación de la concentración de nutrientes (mg/hectárea/día) entre los pesos secos que se reportan y el análisis de nutrientes que procede del laboratorio es el mismo que aplica para la caída de hojascas. Por tal motivo, no se incluye un ejemplo ilustrativo de tales cálculos.

Biomasa

La biomasa se define como la cantidad de materia viva (peso seco) por unidad de superficie o volumen expresado en unidad de peso. Para llevar a cabo la misma desde la perspectiva forestal se requiere llevar a cabo un procedimiento en el cual es necesario una gran labor de equipo y de planificación adecuada.

Una vez se ha seleccionado el árbol o arbusto objeto de análisis o de estudio se procede a determinar su altura y dbh. Con la asistencia de una persona licenciada en el manejo de sierras de cadena se procede a cortar el árbol si éste es muy grande. La caída del mismo debe de efectuarse de forma tal que no se afecten o se afecten lo menos posible aquellos árboles que son aledaños. También es necesario que ante la caída del árbol de estudio se evite perder partes de éste, en especial sus hojas.

Una vez que el árbol está en el suelo procedemos a identificar aquellas partes del mismo donde se tomarán las muestras para establecer la relación de peso fresco a peso seco así como de la disponibilidad de nutrientes: cañón o fuste, ramas (primarias, secundarias y terciarias), flores/frutos y hojas. Durante este procedimiento hay que poseer constancia del tipo de hoja (simple o compuesta) así como del tamaño del pecíolo de manera que la clasificación sea lo más exacta posible. Es recomendable, de ser posible el incluir las raíces. El procedimiento mediante el cual se toman las muestras conlleva un orden pues hay que tomar datos de la altura respectiva de cada categoría. Evite tomar muestras al azar. Lleve a cabo un orden estricto siguiendo una dirección, o sea, desde la base del árbol hasta llegar a la parte más alta del mismo. Ésto le brindará una mejor idea de la disponibilidad de nutrientes una vez el laboratorio realice el análisis químico de las muestras que recibe.

Los empaques para las muestras deben de estar debidamente identificadas: especie arbórea, lugar de estudio, fecha, categoría, investigador. En el campo mediante el uso de una balanza se pesan todas las muestras (peso fresco). No obstante, hay que pesar con anterioridad los empaques de muestreo. Dichos pesos serán restados ya que no constituyen parte de la muestra de estudio. No olvide incluir los pesos frescos de las muestras en los cálculos para la determinación del peso total fresco por categoría de cada árbol. Aunque esas muestras representan tal vez un por ciento bajo del peso total fresco del árbol también son parte del mismo.

Una vez se obtienen las muestras, las cuales deben estar pesadas, se procede a clasificar el árbol en categorías (tronco, ramas, hojas, flores o frutos) para efectuar su pesaje fresco. No podemos olvidar la recolección del aserrín así como el pesar todo en el campo. De ahí obtendremos el peso fresco total por cada categoría. Esos pesos frescos se convertirán a pesos en acorde al peso que pierde cada muestra por categoría en el proceso de secado. El siguiente ejemplo es ilustrativo de ello.

Peso fresco de la muestra de hojas, árbol número 1 de maría (*Calophyllum calaba*) el cual procede del Bosque Estatal de Cambalache (2 febrero 2008) 3.8 kg = 3,800 g

Peso seco de la muestra de hojas del árbol descrito anteriormente (8 febrero 2008) 1.58 kg = 1,580 g

La diferencia entre los pesos fresco y seco de la muestra antes descrita fue 2.22 kg. Para lograr un peso estable de la muestra transcurrieron unos 6 días. Durante esos días esta muestra fue pesada en varias ocasiones para determinar que su peso era estable. Se determina que un peso es estable si dos pesos consecutivos reportados son iguales o poseen una diferencia de más o menos de un gramo. Esa diferencia en peso puede ser influenciada por el tiempo que transcurre entre sacar la muestra del horno y el tiempo en que acontece el pesado de la misma.

Para la muestra antes descrita el por ciento de agua que la muestra poseía era de un 58.42%. Este se obtiene de la siguiente manera:

Diferencia entre peso fresco (kg) y peso seco (kg) de la muestra de las hojas/peso fresco total de la muestra de las hojas (kg) (100) =

$$2.22 \text{ kg} / 3.8 \text{ kg} (100) = 58.42\%$$

Con éste resultado puedo convertir el peso fresco total de las hojas que se reportó en el campo a peso seco total de las hojas. Por ejemplo, si el peso fresco total de las hojas fue de 45.8 kg lo convierto a peso seco total de las hojas multiplicando por .5842.

$$45.8 \text{ kg} (0.5842) = 26.76 \text{ kg}$$

Con respecto al fuste es recomendable pesarlo en trozos que sean manejables de manera que podamos obtener el mayor número posibles de datos: ancho, largo, peso fresco, volumen. Recuerde que el procedimiento del secado consiste en ubicar las muestras en el horno y proseguir con el método antes descrito para la caída de hojarasca.

De la misma forma en que se determinó el peso seco de las hojas frescas se procede a efectuar los cálculos con el tronco, las ramas y las flores y los frutos. Para ello será necesario la relación entre el peso fresco de las muestras por categoría (tronco, ramas, flores o frutos) y el peso fresco total de cada categoría reportado en el campo.

Nota: Aunque los estudios de biomasa y nutrientes en raíces y brinzales de los bosques secundarios no se estudian normalmente éstos contribuyen con un caudal de información que permiten realizar comparaciones con otros bosques secundarios. Dentro de esa perspectiva, un bosque secundario del sector Jácanas del barrio Caguana de Utuado es estudiado por un grupo de investigación forestal interdisciplinaria de la Escuela Superior Luis Muñoz Rivera. Para obtener un panorama de esa investigación debe consultarse el siguiente artículo, “Biomasa y nutrientes en raíces y brinzales de un bosque secundario en la zona cafetalera de Utuado” (Lugo, Domínguez Cristóbal, Méndez Irizarry, 1999, p.75-87).

Ejercicio: El peso fresco de la muestra de las ramas del árbol antes descrito fue de 23.4 kg mientras que su peso seco de esa muestra fue de 9.5kg. El peso fresco total de las ramas fue de 102.6 kg. Calcular el peso seco total de las ramas del árbol mencionado.

Descomposición de la madera

Entre los factores que intervienen en el proceso de descomposición de la madera se ubican los siguientes: la radiación solar, la humedad, la temperatura, los insectos y los microorganismos. Por otro lado, tales factores intervienen con las características de las especies arbóreas tales como la densidad de la madera y las características físicas y químicas. Estudios más recientes indican que el

“ángulo de exposición juega un papel importante en la degradación de la madera, obteniéndose los mayores índices entre 45° y 0° de inclinación (Rodríguez Anda, R. y F.J. Fuentes Talavera, 2003, p.99).

De todos esos datos se desprende que el proceso de descomposición de las partes o de la madera de una especie arbórea varía de un lugar a otro. Dentro de esa perspectiva, la descomposición de la madera representa un ejemplo del proceso de reciclaje que ocurre en la naturaleza.

Los factores antes descritos son ilustrativos de que existe un gran campo de experimentación para con los estudios de la descomposición de la madera a través del mundo. Dentro de ese escenario, Puerto Rico es favorecido ya que posee una diversidad de especies nativas e introducidas a través de sus diversas regiones ecológicas. No obstante, en nuestro país así como en el trópico en general, no abundan actualmente estudios sobre la descomposición de las maderas (Delgado y Pedroza Pérez, 2002, p.60). En el pasado, dichos estudios eran fundamentales para el desarrollo de las líneas eléctricas y del telégrafo ya que utilizaban postes de madera en sus extendidos.

En Puerto Rico el empleo de postes o pilotes de madera para el desarrollo de viviendas y que en el pasado eran denominados como socos, emana de la época indígena. No obstante, fue la tradición oral y el contacto con la naturaleza lo que permitió que ese conocimiento se fuera ampliando. Dentro de esa perspectiva, los estudios que realizaron la Inspección de Montes y la Inspección de Telégrafos de Puerto Rico durante el último cuarto del siglo XIX contribuyeron a ir desarrollando tal conocimiento (Archivo General de Puerto Rico, 1877). Ante ese panorama, dicha temática poseía una relación inicial y directa con el desarrollo de un sistema de comunicaciones, destacándose entre otros, los usos con una finalidad militar o comercial.

Al efectuarse un estudio de biomasa podemos incluir la descomposición de las hojas y la madera de los árboles. Con anterioridad al corte del árbol seleccionado se requiere de una planificación para la recolección y pesaje de las muestras así como de los reportes de pesos frescos de cada componente del árbol (tronco, ramas, hojas, flores o frutos). Para lograr ese objetivo seleccionamos muestras del tronco, de las hojas, de las ramas así como de las flores y los frutos, si disponibles, de una manera ordenada. En ocasiones

tanto para la biomasa como para los estudios de descomposición de las diversas partes de un árbol se seleccionan componentes del árbol a diversas alturas. De efectuarse la toma de muestras considerando el parámetro de la altura es importante el determinar la altura del árbol a la cual se realizan los diversos muestreos. Para la selección de esas muestras a diversas alturas se requiere que el árbol ya esté sobre el suelo y de que esa selección se lleve a cabo lo antes posible. La rotulación de las muestras es en extremo significativa. No debemos olvidar el determinar el peso fresco de cada muestra seleccionada así como el de obtener varias muestras de cada categoría. Mientras mayor sea el número de muestras mayor representatividad.

Las muestras serán ubicadas en lugares previamente seleccionados dentro del área donde se efectuó el trabajo de campo relativo a la biomasa. Debe de prepararse un mapa que indica la ubicación de esas muestras. Puede utilizar un indicador como una especie de banderilla en las cercanías de la misma o integrar el Sistema de Posicionamiento Global. Las muestras de las hojas se colocan en una funda de sarán identificado ya pesado. El tamaño de las fundas del sarán dependerá del tamaño de las hojas de la especie arbórea estudiada. No olvide incluir la totalidad de la hoja, o sea, incluyendo su pecíolo y de que sean hojas saludables o que no estén atacadas por insectos. Identifique el tipo de hoja de la especie arbórea con la cual está trabajando. En ocasiones se incluyen a las hojuelas como si se estuviera trabajando con una hoja simple cuando no lo es. Es muy recomendable, de ser posible, utilizar el mismo peso de las hojas frescas en cada funda de sarán. Una vez se ubican las muestras en el bosque se procede a su recogido a ciertos intervalos de tiempo que el investigador determinará.

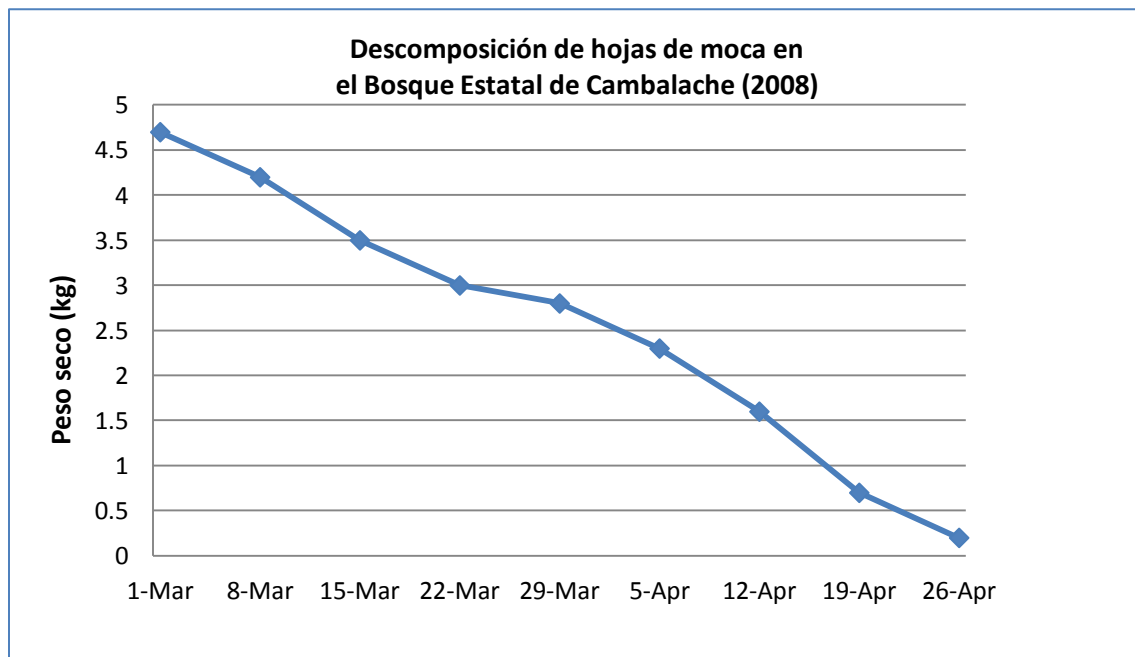
Para ejemplo ilustrativo utilizaremos la siguiente tabla. Es un árbol de moca (*Andira inermis*) que procede del Bosque Estatal de Cambalache. La actividad inicial se campo se efectuó el 1ro de marzo de 2008. Se tomaron 9 muestras de hojas las cuales son compuestas. Tomamos una muestra de hojas cada metro hasta los 9 metros que es la altura total del árbol. Las muestras de las hojas ya pesadas (peso fresco) se colocaron en fundas de sarán de 1m X 1m las cuales previamente fueron pesadas. De esa forma la cantidad de hojas no quedan apiñadas y es mucho más fácil su manejo. Cada semana regresamos al bosque y traemos una muestra de hojas, o sea, una funda de sarán con sus respectivas hojas. El recogido comenzará por la muestra número uno pero se puede efectuar a la azar. Lo importante es establecer de antemano el orden en que se van recoger. La recolección de muestras se efectuó en marzo 1, 8, 15, 22, 29 y abril 5, 12, 19 y 26 de 2008. Los pesos secos fueron reportados luego de que las hojas fueron extraídas de las fundas de sarán y colocadas en fundas de papel previamente identificadas en el laboratorio. Las observaciones se llevaron a cabo cada día.

Tabla 8 Modelo de reporte para pesos frescos y secos en un estudio de descomposición de hojas de moca (*Andira inermis*) en el Bosque Estatal de Cambalache (1ro marzo- 26 abril 2008)

Número de la muestra	Altura (m)	Peso fresco (kg)	Peso seco (kg)	Observaciones
1	1.0	5.0	4.7	
2	2.0	5.2	4.2	Húmedas
3	3.0	5.1	3.5	Secas
4	4.0	5.0	3.0	Secas
5	5.0	5.1	2.8	Húmedas
6	6.0	4.9	2.3	Día lluvioso
7	7.0	5.2	1.6	hongos
8	8.0	5.0	0.7	hongos
9	9.0	4.8	0.2	Lombrices y hongos

Pesaje efectuado por Rubén Díaz y Emilia Ríos.

Con los datos que poseemos podemos hacer una relación de pérdida de peso de las muestras de las hojas, altura y nutrientes. De hecho, las hojas secas del estudio de descomposición son evaluadas para concentración de nutrientes tal y como se hace para la caída de hojarasca y la hojarasca acumulada.



Gráfica 1 Descomposición de hojas de moca en el Bosque Estatal de Cambalache (2008)

Supongamos que el análisis de la concentración de Ca para las muestras de las hojas en las recolección núm. 1 (1ro marzo 2008) y núm. 2 (8 marzo 2008) es 0.657mg/g y 0.654mg/g respectivamente. De la Tabla 8 obtenemos los pesos secos de cada recolección, o sea, 4.7 kg (1ro marzo 2008) y 4.2 kg (8 marzo 2008).

La disponibilidad de Ca en la muestra de las hojas el 1ro de marzo de 2008 se calcula de la forma siguiente:

Peso seco de las muestras de hojas X concentración de Ca X 1g/1000 mg =

$$4,700 \text{ g} \times 0.657 \text{ mg/g} \times 1\text{g}/1000 \text{ mg} = 3.09 \text{ g Ca}$$

La disponibilidad de Ca en la muestra de las hojas el 8 de marzo de 2008 se calcula de la forma siguiente:

$$4,200 \text{ g} \times 0.654 \text{ mg/g} \times 1\text{g}/1000 \text{ mg} = 2.75 \text{ g Ca}$$

La cantidad de Ca que se liberó entre esas dos colecciones, lo cual a veces se acumula, se obtiene de la resta de la disponibilidad de Ca 1 menos la disponibilidad de Ca 2.

$$3.09 \text{ g Ca} - 2.75 \text{ g Ca} = 0.34 \text{ g Ca}$$

En lo concerniente a las muestras de madera, ya proceden de las ramas o el tronco, éstas se tomarán a la misma altura descrita para las hojas si se está considerando el parámetro de la altura. No obstante, tales muestras permanecerán en el bosque durante el período de tiempo que se diseñe en el experimento por el investigador. Por ejemplo un recogido de muestras cada tres meses por espacio de unos tres años. Estas muestras no se colocan en sarán sino que son identificadas con una etiqueta de aluminio numerada a la vez que se crea un mapa de la ubicación de los mismos o se utiliza el Sistema de Posicionamiento Global. El tamaño de cada muestra será determinado por el investigador así como el orden en que dichas muestras serán recogidas. No obstante, es muy común el que cada trozo del tronco sea de alrededor de un metro de largo. Éste debe de examinarse de manera que no esté mutilado como parte del proceso de caída o tumba del árbol. Una precaución o cuidado especial en este tipo de estudio es requerido para con aquellas especies arbóreas que poseen la capacidad de reproducirse mediante esquejes, pedazos de ramas o porciones de los troncos. El caso más llamativo en esa dirección lo ilustra el tulipán africano (*Spathodea campanulata*).

Distribución de caracoles

Caracol es el nombre común que suele asignarse a diferentes moluscos los cuales se caracterizan por poseer una concha globosa en forma de espiral (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 3, p.346). Hay caracoles marinos, dulceavícolas (agua dulce) y terrestres. Los caracoles se mueven como los gusanos alternando contracciones y elongaciones de su cuerpo, con lentitud. Producen un mucus para ayudarse en la locomoción la cual reduce la fricción. Esa mucosidad contribuye a su regulación térmica,

reduce el riesgo de heridas y agresiones externas, los cuales le ayudan a mantenerse lejos de los insectos potencialmente peligrosos como lo son las hormigas.



Foto 80 Concha de caracol

En invierno o en las estaciones secas, muchas especies terrestres o de agua dulce, hibernan en su concha sellándola con el opérculo. Esto le sirve de protección para la hibernación. A su vez éste es destruido en la primavera o cuando el entorno se hace más húmedo. Algunas especies invernan en grupos mientras que otras se entierran antes de la hibernación.

Como el caracol crece, también crece su caparazón. Un caracol cerrará una sección de su concha y añadirá una nueva cámara para crecer. Cada cámara será más grande que la anterior por un factor constante. Como resultado la concha formará una espiral logarítmica. En algún momento el caracol construye un reborde alrededor de la apertura del caparazón, deja de crecer y comienza a reproducirse.

La concha del caracol y la cubierta de los huevos están compuestos principalmente de carbonato de calcio. A causa de ello, requieren de una buena cantidad de hierro en su dieta y de un ambiente acuoso para producir una concha fuerte. La carencia de calcio o de una fluctuación en el nivel del pH de su entorno, puede hacer que el caparazón sea fino, se raje o tenga agujeros. Por lo general un caracol puede reparar el daño de su concha si sus condiciones de vida mejoran. Por eso es que los caracoles se desarrollan mejor en las zonas calizas. Donde el carbonato clásico es escaso, algunas especies faltan, otras las más adaptables, tragan piedrecitas, roen huecos o pintura caliza o plantas secas que poseen calcio.

Los caracoles hibernan durante el invierno (normalmente desde octubre hasta fines de abril). También pueden hibernar en verano debido a las condiciones de sequía. A esto se le conoce como estivación. Para mantenerse húmedos durante la hibernación, sellan su apertura de la concha con una capa seca de mucosidad.

Los caracoles son hermafroditas pero para evitar el empobrecimiento genético que emerge de la autofecundación proceden a aparearse con otro individuo de su misma especie (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 3, p.346). Los caracoles de jardín se inseminan por pareja el uno con el otro para de esa forma fertilizarse internamente sus óvulos. La reproducción se lleva generalmente en la primavera y en el

otoño de las zonas templadas en la noche durante un promedio de unas cuatro horas. Cada caracol se lanza una saeta espiral de carbonato cálcico que desaparece en el interior de su receptor donde se disuelve y libera la esperma.

Después hacen un agujero, enterrando sus huevos algunos centímetros bajo la superficie de la capa fértil. Al transcurrir unos doce días y probablemente hasta un mes dependiendo de las condiciones climatológicas los huevos eclosionan y surgen nuevos caracoles. En ese sentido el efectuarse la recolección de muestras de la caída de hojarasca acumulada debemos de percatarnos de esa particularidad e informarla.

Los caracoles poseen muchos depredadores naturales, incluyendo otras especies de caracoles, escarabajos, sapos, culebras y aves. El ser humano también aporta peligros para los caracoles. Adjunto a la amenaza de pisarles al caminar o trabajar en el bosque, la contaminación del agua y la lluvia ácida destruyen sus caparazones y los envenenan causando así la extinción de muchas especies. Por otro lado, los caracoles son empleados en la alimentación humana de una gran parte del planeta.

La vida de los caracoles varía de una especie a otra. La mayor parte de las muertes son causadas por depredadores o parásitos. En ocasiones, los caracoles han vivido más allá de su vida normal, hasta los treinta años o más.

Los caracoles, tanto terrestres como acuáticos son portadores (vectores) de muchos parásitos que infectan a los animales que los consumen. Se les considera vectores de la gripe y la gripe aviar.

Al establecerse un área de investigación forestal se establecen una serie de condiciones que nos permiten el desarrollo de un estudio sobre la distribución de caracoles. Dado de que cada árbol posee una etiqueta de identificación y de que sabemos cuál es la especie arbórea a la que pertenece podemos determinar su distribución y a la vez efectuar censos poblacionales o estudios de territorialidad.

Luego de aprender a identificar los caracoles será necesario desplazarse a través de una o varias secciones del área de investigación, o de toda el área, de ser posible. El desplazamiento a través del área de investigación va a requerir de una libreta de datos y de una vara de medir altura. Entre los estudios a efectuarse con los caracoles se puede considerar su distribución y territorialidad. Los datos se recopilan en una tabla de la forma siguiente:

Tabla 9 Modelo de reporte de un estudio de distribución de caracoles en el Bosque Estatal de Cambalache

Fecha	Hora	Número del árbol	Especie arbórea	Altura (m)	Tipo de caracol

De esa forma al analizarse los datos podemos determinar cuál es el tipo de caracol que más abunda y su respectiva distribución para con las especies arbóreas, diámetro y altura. No es frecuente, pero sí podemos observar caracoles en las ramas de los árboles. Esos datos también deben de recopilarse. Adjunto a pesarse éstos también pueden ser medidos o enumerados. La distribución de éstos en el suelo es otro proyecto que puede considerarse.

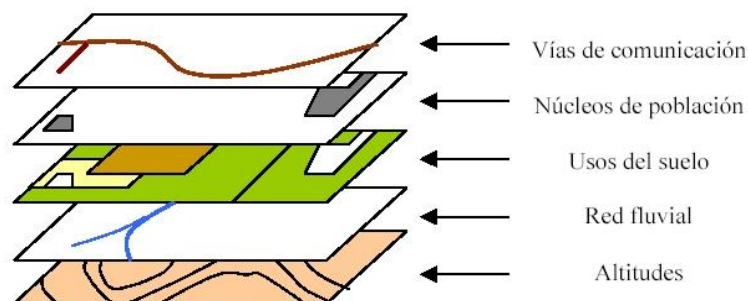
Para el estudio de la distribución de caracoles en el suelo utilizamos un marco de metal o madera de un área de 50 cm X 50 cm. Éste se fija en el suelo seleccionando un lugar de estudio por cada cuadrante del área de investigación. Dentro del marco descrito se procede a contar, pesar medir, marcar o identificar los caracoles encontrados retornándolos a su lugar. Este estudio puede realizarse cada tres o cuatro meses o dentro de un período de las fases lunares o por estación del tiempo o a diferentes horas el mismo día. Esa distribución puede relacionarse con la pendiente del terreno, la cercanía de un cuerpo de agua, especies arbóreas o con cualquier otro parámetro que los investigadores interesen. Recuerde que es importante llevar un registro de los lugares dentro de cada cuadrante donde se ha efectuado este estudio. Para realizar este tipo de estudio es requerido que se limite el número de personas que realizan el mismo pues la cantidad de caracoles que mueren en ese procedimiento va a influenciar la población de éstos.

IV. ANÁLISIS

Sistema de información geográfica (SIG)

Es un sistema de información el cual integra, almacena, edita, analiza y muestra aquella información que ha sido geográficamente referenciada. El SIG es empleado, entre otras cosas, para las investigaciones científicas, la arqueología, la planificación urbana, la cartografía y la geografía histórica. Ante esa perspectiva, es un excelente recurso para aquellos que integran, entre otras disciplinas, las ciencias forestales y la historia.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica el cual está asociado a un identificador común a los objetos gráficos de un mapa de naturaleza digital. Al señalarse un objeto se conocen sus atributos e inversamente, preguntando por un registro de datos de la base se obtiene la localización cartográficamente.



Ilust. 26 Integración de capas temáticas del SIG

La razón fundamental para la utilización de este sistema de información es la gestión de información espacial. Dentro de esa perspectiva, el SIG permite la separación en diferentes capas temáticas y las almacena de forma independiente. Ello permite o facilita el laborar de una forma rápida y sencilla facilitando la relación de la información a través de la topología de los objetos u objetivos estudiados.

Las libretas de campo

Desde el inicio de cualquier estudio de naturaleza interdisciplinario y forestal la recopilación de los datos de campo constituye un aspecto de vital importancia. Ante esa consideración, los datos de campo deben de constituir parte integrante de los archivos de aquellas instituciones que se dedican a llevar a cabo investigaciones. Aunque la tecnología posee hoy día varios instrumentos electrónicos para el almacenamiento de los datos de campo la utilidad o empleo de la libreta utilizada a esos fines nunca ha pasado de moda.

Aquellas libretas de campo que pueden por su tamaño llevarse en los bolsillos o espacios interiores del chaleco de seguridad resultan muy manejables a tales fines máxime cuando estamos trabajando en lugares que poseen un declive bastante pronunciados, pedregosos o poseen ambas características entre otras. De esa forma tendremos las manos libres de ocurrir cualquier eventualidad.

Los datos que poseen las libretas de campo deben de escribirse lo más claro posible de manera que aquellos que utilicen con posteridad esos documentos los puedan entender con suma facilidad. Siempre se escribe en lápiz, nunca en bolígrafo. Por otro lado, la tecnología cuenta ya con libretas en las cuales podemos escribir aunque esté lloviendo.

Las libretas de investigación no son propiedad de ningún investigador. Las mismas pertenecen a la institución científica que lleva a cabo las investigaciones. Por consiguiente, es necesario que cada investigador una vez finalice sus años de servicio profesional o decida por cualquier razón trasladarse a laborar en otro lugar el requerírsele el cabal cumplimiento de esa responsabilidad.

Una vez una libreta de campo no posee más espacio disponible o en blanco nunca se debe retornar con ésta al campo. Ante esa situación el investigador se proveerá de una copia de los datos que necesite para su uso ya que es muy recomendable el trabajar en el campo con los datos más recientes que se hayan evaluado. Tal práctica auxilia al investigador ante cualquier eventualidad que ocurra con respecto a los datos de un lugar con el cual se está trabajando. Entre esas situaciones se ubican la verificación de la identificación de las especies arbóreas, certificación de árboles muertos, árboles o arbustos de nuevo ingreso en el estudio, árboles mal enumerados o con falta de etiquetas de investigación. Esas situaciones suelen ocurrir cuando no hay continuidad entre el personal técnico o científico que realizan estudios a largo plazo. Por otro lado, la presencia de un empleado entre cuyas responsabilidades se encuentre el control de acceso al archivo de cualquier institución científica por lo menos asegura cierto grado de control o seguridad.

Las libretas de campo originales que están depositadas en los archivos nunca deben de ser corregidas o añadirsele información. Para clarificar una situación como esa se escribirá un informe sobre cada situación en particular y dicho informe deberá constituir parte integrante del archivo.

Análisis de los datos de campo

Tabla 10 Datos iniciales de identificación y crecimiento en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)

Número del árbol	Nombre científico	dbh (cm)	Altura (m)
1	<i>Guarea guidonea</i>	4.1	13.2
2	<i>Coffea arabica</i>	4.0	3.2
3	<i>Cupania americana</i>	6.2	4.8
4	<i>Cecropia schreberiana</i>	6.8	7.2
5	<i>Cecropia schreberiana</i>	7.8	9.1
6	<i>Guarea guidonea</i>	4.9	5.4
7	<i>Didymopanax morototoni</i>	10.2	12.4
8	<i>Andira inermis</i>	8.4	6.8
9	<i>Coffea arabica</i>	4.0	2.9
10	<i>Guarea guidonea</i>	6.2	9.4
11	<i>Prestoea montana</i>	10.2	11.8
12	<i>Prestoea montana</i>	10.9	12.8
13	<i>Andira inermis</i>	6.1	8.3
14	<i>Didymopanax morototoni</i>	10.4	13.8
15	<i>Alchornea latifolia</i>	7.4	10.3
16	<i>Myrcia deflexa</i>	4.0	6.1
17	<i>Spathodea campanulata</i>	6.1	7.8
18	<i>Spathodea campanulata</i>	7.4	9.2
19	<i>Persea americana</i>	8.1	12.0
20	<i>Citrus sinensis</i>	4.2	8.1
21	<i>Cupania americana</i>	7.1	9.8
22	<i>Bixa orellana</i>	4.2	7.1
23	<i>Coffea arabica</i>	4.0	3.9
24	<i>Alchornea latifolia</i>	7.1	12.0
25	<i>Vitex divaricata</i>	6.1	14.2

Tabla 11 Data segunda de identificación y crecimiento en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2004)

Número de árbol	Nombre científico	dbh (cm)	Altura (m)
1	<i>Guarea guidonea</i>	4.3	14.1
2	<i>Coffea arabica</i>	4.1	3.5
3	<i>Cupania americana</i>	6.4	4.8
4	<i>Cecropia schreberiana</i>	7.3	7.3
5	<i>Cecropia schreberiana</i>	7.9	10.4
6	<i>Guarea guidonea</i>	4.9	5.8
7	<i>Didymopanax morototoni</i>	11.3	13.1
8	<i>Andira inermis</i>	8.9	7.4
9	<i>Coffea arabica</i>	4.1	3.4
10	<i>Guarea guidonea</i>	6.8	10.4
11	<i>Prestoea montana</i>	11.3	13.8
12	<i>Prestoea montana</i>	12.8	14.6
13	<i>Andira inermis</i>	6.4	9.4
14	<i>Didymopanax morototoni</i>	13.8	15.2
15	<i>Alchornea latifolia</i>	7.9	12.3
16	<i>Myrcia deflexa</i>	4.2	7.1
17	<i>Spathodea campanulata</i>	7.9	7.9
18	<i>Spathodea campanulata</i>	8.4	12.1
19	<i>Persea americana</i>	8.3	13.4
20	<i>Citrus sinensis</i>	4.3	9.3
21	<i>Cupania americana</i>	8.2	10.5
22	<i>Bixa orellana</i>	4.3	8.3
23	<i>Coffea arabica</i>	4.0	4.0
24	<i>Alchornea latifolia</i>	7.3	14.0
25	<i>Vitex divaricata</i>	6.2	15.2

Área de la investigación

El área hipotética de la investigación se compone de 20 metros de largo por 20 metros de ancho (400 m²). Para expresar esa unidad en hectáreas lo efectúa de la siguiente manera. Procede a dividir 400 m² entre 10,000 m², que es la equivalencia en metros de una hectárea. El resultado es 0.04 hectárea.

$$20 \text{ metros (largo)} \times 20 \text{ metros (ancho)} = 400 \text{ m}^2 = 0.04 \text{ hectárea}$$

Para convertir los m² en hectárea se procede a dividir los m² entre 10,000 m² ya que una hectárea = 10,000 m²

Crecimiento en diámetro

El crecimiento en el diámetro se estima utilizando la siguiente fórmula (Lugo et. al. 2005, p.87).

$$\text{Crecimiento de diámetro (cm/año)} = (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1)$$

d_2 es el segundo diámetro de dos medidas consecutivas

d_1 es el primer diámetro de dos medidas consecutivas

t_2 es la segunda fecha consecutiva en la medición de diámetro

t_1 es la primera fecha de dos medidas consecutivas de diámetro.

Ejemplo: Utilizar los datos del árbol núm. 1 (*Guarea guidonea*) de las tablas núm. 11 y núm. 12 (Datos de Campo)

$$\text{Crecimiento en diámetro} = (4.3 \text{ cm} - 4.1 \text{ cm}) / (\text{enero 2004} - \text{enero 2000})$$

$$= 0.2 \text{ cm} / 4 \text{ años}$$

$$= 0.05 \text{ cm/año}$$

Ejercicio: Si el crecimiento en dbh del árbol núm. 1 (*Guarea guidonea*) fuera estable durante los próximos cinco años, ¿Cuál sería su diámetro?

Crecimiento en altura

Para estimar la tasa de crecimiento en altura, se utiliza la siguiente fórmula (Lugo et al. 2005, p.87).

$$\text{Crecimiento en altura (m/año)} = (a_2 - a_1) / (t_2 - t_1)$$

a_2 es la segunda altura de dos medidas consecutivas

a_1 es la primera altura de dos medidas consecutivas

t_2 es la segunda fecha consecutiva en la medida de altura

t_1 es la primera fecha de dos medidas consecutivas de altura.

Ejemplo: Determinar la tasa de crecimiento del árbol núm. 1 (*Guarea guidonea*) de las tablas núms. 11 y 12 (Datos de campo).

$$\text{Crecimiento en altura (m/año)} = (14.1 \text{ m} - 13.2 \text{ m}) / (\text{enero 2004} - \text{enero 2000})$$

$$= 0.9 \text{ m/4años}$$

$$= 0.23 \text{ m/año}$$

Ejercicio: Si el crecimiento en altura del árbol núm. 1 (*Guarea guidonea*) fuera estable durante los próximos cinco años, ¿cuál sería su altura?

Observar los datos de la Tabla 11. Identificar cuáles fueron los cinco árboles con mayor altura. Repetir esa identificación para los cinco árboles con mayor dbh. ¿Son los cinco árboles de la Tabla 11 de mayor altura los mismos cinco árboles con mayor dbh?

Tabla 12 Relación de crecimiento entre el diámetro y la altura en el Bosque Estatal de Cambalache (cálculos)

Número de árbol	Crecimiento en diámetro (cm/año)	Crecimiento en altura (m/año)
1	0.05	0.23
2	0.03	0.08
3	0.05	0.00
4	0.13	0.03
5	0.03	0.33
6	0.00	0.10
7	0.28	0.18
8	0.13	0.15
9	0.03	0.13
10	0.15	0.03
11	0.28	0.50
12	0.48	0.45
13	0.75	0.28
14	0.60	0.35
15	0.13	0.50
16	0.05	0.25
17	0.45	0.03
18	0.35	0.73
19	0.05	0.35
20	0.03	0.30
21	0.28	0.18
22	0.03	0.30
23	0.00	0.03
24	0.05	0.50
25	0.05	0.03

Al examinar estos datos, los cuales proceden de las tablas núms. 11 y 12 se pueden hacer una serie de observaciones. Entre esas observaciones se encuentran las siguientes: algunos árboles no demostraron crecimiento alguno en dbh o altura y no todos los árboles aumentan en altura y dbh al mismo ritmo.

Área basal de un árbol.

El área basal se define como el área en cm^2 o en m^2 del corte transversal de un árbol a la altura de 1.3 metros. El área basal de un árbol se determina de la manera siguiente. Utilizará la siguiente fórmula (Lugo et. al. 2005, p. 87).

$$\text{Área basal de un árbol} = 3.1416 r^2 = 3.1416 \times [\text{diámetro} / 2]^2$$

r es el radio el cual es a su vez el diámetro dividido entre 2

Ejemplo: Cálculación del área basal del árbol núm. 1 de la Tabla 11. El árbol número 1 (*Guarea guidonea*) posee un diámetro de 4.1 cm.

Dividir el diámetro entre 2 = $4.1 \text{ cm} / 2 = 2.05 \text{ cm} = r$

Multiplicar r por sí mismo, o sea $2.05 \text{ cm} \times 2.05 \text{ cm} = 4.2025 \text{ cm}^2$

Multiplicar 4.2025 cm^2 por 3.1416 = 13.202574 cm^2 . Ese es el área basal del árbol número 1 de la tabla número 11. Al redondear a dos lugares decimales el área basal de ese árbol es 13.2 cm^2 .

El área basal de los árboles de la Tabla 11 está expresado en cm^2 en la Tabla 14.

Tabla 13 Área basal de cada árbol en una zona de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)

Número del árbol	Nombre científico	Área basal (cm ²)
1	<i>Guarea guidonea</i>	13.20
2	<i>Coffea arabica</i>	12.57
3	<i>Cupania americana</i>	30.19
4	<i>Cecropia schreberiana</i>	36.32
5	<i>Cecropia schreberiana</i>	47.78
6	<i>Guarea guidonea</i>	18.86
7	<i>Didymopanax morototoni</i>	81.73
8	<i>Andira inermis</i>	55.42
9	<i>Coffea arabica</i>	12.57
10	<i>Guarea guidonea</i>	30.19
11	<i>Prestoea montana</i>	81.73
12	<i>Prestoea montana</i>	93.31
13	<i>Andira inermis</i>	29.22
14	<i>Didymopanax morototoni</i>	84.95
15	<i>Alchornea latifolia</i>	43.01
16	<i>Myrcia deflexa</i>	12.57
17	<i>Spathodea campanulata</i>	29.22
18	<i>Spathodea campanulata</i>	43.01
19	<i>Persea americana</i>	51.53
20	<i>Citrus sinensis</i>	13.85
21	<i>Cupania americana</i>	39.59
22	<i>Bixa orellana</i>	13.85
23	<i>Coffea arabica</i>	12.57
24	<i>Alchornea latifolia</i>	39.59
25	<i>Vitex divaricata</i>	29.22
TOTAL		956 cm ²

Área basal de una parcela

El área basal de una parcela es la suma de las áreas basales de todos los árboles de la parcela dividido entre el área de la parcela (Lugo et. al. 2005, p.86). Dicho en otras palabras es el área que ocupan los troncos de los árboles en el área bajo estudio. Para efectos de ilustrar utilizaremos el ejemplo anterior. El área basal se expresa en m²/hectárea. El primer paso consiste en expresar el área basal de la parcela 956cm² en m².

Un m² es equivalente a 10,000 cm².

$$956 \text{ cm}^2 / 10,000 \text{ cm}^2 = 0.0956 \text{ m}^2$$

Área basal de la parcela = $956 \text{ cm}^2 / 400 \text{ m}^2 = 0.095605 \text{ m}^2 / .04 \text{ hectárea} = 2.39 \text{ m}^2 / \text{hectárea}$

Área basal de una especie

El área basal de una especie es la suma de las áreas basales de todos los árboles de la misma especie dividido entre el área de estudio (Lugo et. al. 2005, p.86). Ésta se expresa en m²/ha.

Utilizando el ejemplo de la tabla anterior determinamos que el área basal de la especie arbórea *Guarea guidonea* es la suma de las áreas basales de los siguientes árboles 1, 6 y 10 o sea, 62.25 cm².

62.25 cm² se convierten en m² dividiendo por 10,000 cm² debido a que un m² equivale a 10,000 cm². De ahí obtenemos que 62.25 cm² equivalen a 0.006225 m².

El paso siguiente consiste en dividir 0.006225 m² entre el área del estudio (0.04 ha).

0.006225 m²/0.04 ha = 0.155625 m²/ha lo cual al redondearse a dos lugares decimales es equivalente a 0.16 m²/ha.

Ejercicio: Calcular el área basal de dos especies arbóreas utilizando los datos de la Tabla 14 y verificar sus resultados en la primera columna de la Tabla 15.

Tabla 14 Área basal de cada especie en una zona de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)

Nombre científico	Área basal de la especie arbórea (m ² /ha)	Área basal relativa de la especie arbórea (%)
<i>Prestoea montana</i>	0.44	18.41
<i>Didymopanax morototoni</i>	0.42	17.57
<i>Andira inermis</i>	0.21	8.79
<i>Cecropia schreberiana</i>	0.21	8.79
<i>Alchornea latifolia</i>	0.21	8.79
<i>Spathodea campanulata</i>	0.18	7.53
<i>Cupania americana</i>	0.17	7.11
<i>Guarea guidonea</i>	0.16	6.69
<i>Persea americana</i>	0.13	5.44
<i>Coffea arabica</i>	0.09	3.77
<i>Vitex divaricata</i>	0.07	2.93
<i>Citrus sinensis</i>	0.03	1.26
<i>Bixa orellana</i>	0.03	1.26
<i>Myrcia deflexa</i>	0.03	1.26

La suma de las áreas basales de las especies es igual al área basal del área de investigación. En ocasiones, esas áreas basales pueden no coincidir exactamente ya que estamos redondeando a dos lugares decimales. En este caso la diferencia es de 0.01 m²/ha.

Área basal relativa de una especie

El área basal relativa de una especie se define como el área basal de la especie dividido entre el área basal de la parcela, expresado en por ciento (Lugo et. al. 2005, p.86).

Utilizando el ejemplo anterior, o sea, la *Guarea guidonea* obtenemos que su área basal relativa es el área basal de la especie ($0.16 \text{ m}^2/\text{ha}$) dividido entre el área basal de la parcela ($2.39 \text{ m}^2/\text{ha}$). En ese cálculo se cancelan las unidades $\text{m}^2/\text{hectárea}$ y el resultado se multiplica por 100 y de ahí obtenemos 6.51 la cual es el área basal relativa de la especie en dicha parcela o lugar de investigación.

$$0.16 \text{ m}^2/\text{ha} / 2.39 \text{ m}^2/\text{ha} = 0.0651 (100) = 6.69$$

Ese mismo proceso se repite con las demás especies arbóreas del área de investigación. La suma de las áreas basales relativas del lugar es 100 por ciento.

La suma del área basal relativa de las especies arbóreas de un área de investigación es 100.

Densidad de árboles de una parcela o lugar de investigación

La densidad de árboles de una parcela o lugar de investigación se define como el número total de árboles (en este caso con dbh mayor o igual a 4 cm) dividido entre el área de muestreo (Lugo et. al. 2005, p.86). En otras palabras, es la cantidad de árboles que se encuentra en un área de terreno.

Utilizando el ejemplo de la parcela ilustrativa obtenemos la densidad de árboles del lugar de investigación de la siguiente manera. Ello se obtiene al dividir 25 el cual es el número de árboles total de la parcela entre el área de la parcela. Las unidades se expresan en número de árboles/ hectárea.

$$25 \text{ árboles} / 0.04 \text{ ha} = 625 \text{ árboles/ha}$$

Tabla 15 Densidad de los árboles/especie y densidad relativa por especie en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000)

Nombre científico	Densidad de árboles/especie	Densidad relativa por especie (%)
<i>Guarea guidonea</i>	75	12
<i>Coffea arabica</i>	75	12
<i>Cupania americana</i>	50	8
<i>Cecropia schreberiana</i>	50	8
<i>Didymopanax morototoni</i>	50	8
<i>Andira inermis</i>	50	8
<i>Prestoea montana</i>	50	8
<i>Alchornea latifolia</i>	50	8
<i>Spathodea campanulata</i>	50	8
<i>Myrcia deflexa</i>	25	4
<i>Persea americana</i>	25	4
<i>Citrus sinensis</i>	25	4
<i>Bixa orellana</i>	25	4
<i>Vitex divaricata</i>	25	4
TOTAL	625	100

Densidad de árboles de una especie

La densidad de árboles de una especie se define como el número de árboles de la especie dividido entre el área muestreada (Lugo et. al. 2005, p.86). Utilizando el ejemplo correspondiente a la *Guarea guidonea* obtenemos que la densidad de árboles de esta especie es la siguiente: número de árboles de dicha especie en el área de investigación (3) dividido entre el área muestreada (0.04 ha) lo cual es equivalente a 75 árboles por hectárea.

$$3 \text{ árboles}/0.04 \text{ ha} = 75 \text{ árboles/ha}$$

Ejercicio: Hacer los cálculos para las demás especies. Recuerde que la suma de la densidad de árboles por especie es igual a la densidad de árboles de la parcela o lugar de investigación.

Densidad relativa de una especie arbórea

La densidad relativa de una especie arbórea se define como la densidad de árboles de la especie dividido entre la densidad de árboles de la parcela o lugar de investigación, expresado en por ciento (Lugo et. al. 2005, p 86). Utilizando el ejemplo correspondiente a *Guarea guidonea* obtenemos que la densidad relativa de esta especie arbórea es la siguiente: densidad de árboles de la especie (75) dividido entre la densidad de árboles del área de investigación (625) lo cual es equivalente a 0.12 y al multiplicarlo por 100 resulta en 12 %.

$$75/625 = 0.12 (100) = 12\%$$

Ejercicio: Hacer los cálculos para las demás especies arbóreas. Recuerde que la suma de las densidades relativas de cada especie arbórea expresadas en por ciento del área de investigación suma 100%.

Valor de importancia de la especie

El valor de importancia de la especie se define como la suma del área basal relativa y la densidad relativa expresada en por ciento (Lugo et. al. 2005, p.86).

Tabla 16 Valor de importancia de las especies arbóreas de un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2000).

Nombre científico	Valor de Importancia
<i>Prestoea montana</i>	13.23
<i>Didymopanax morototoni</i>	12.81
<i>Guarea guidonea</i>	9.36
<i>Andira inermis</i>	8.41
<i>Cecropia schreberiana</i>	8.41
<i>Alchornea latifolia</i>	8.41
<i>Coffea arabica</i>	7.90
<i>Spathodea campanulata</i>	7.78
<i>Cupania americana</i>	7.57
<i>Persea americana</i>	4.73
<i>Vitex divaricata</i>	3.47
<i>Myrcia deflexa</i>	2.64
<i>Bixa orellana</i>	2.64
<i>Citrus sinensis</i>	2.64
TOTAL	100.00

Recuerde que el área relativa de las especies así como su densidad relativa suman 100 cada una. Al expresarle en por ciento va a dividir entre 2. Por otro lado, la suma del valor de importancia de las especies arbóreas de un lugar de investigación es 100 %.

Utilizaremos el ejemplo descrito con anterioridad referente a *Guarea guidonea*. El valor de importancia de esta especie en el área de investigación es la suma del área basal relativa de la especie (6.69) y la densidad relativa (12), expresada en por ciento.

$$6.69 + 12 = 18.69/2 = 9.36$$

Ejercicio: Determinar el valor de importancia de las especies arbóreas que restan y verificarles con la Tabla 17.

Índice de Diversidad

El índice de diversidad Shannon es una metodología que fue originalmente empleada para calcular variaciones en las señales electrónicas. Este índice se conoce también como el Índice Shannon-Wiener o Shannon-Weaver porque su creador Norbert Claude Shannon colaboró con Norbert Wiener y Warren Weaver (Kingsolver, 2006, p.). Este índice es utilizado en la ecología para medir la biodiversidad. Normalmente es representado como H' y se expresa con un número positivo. Sin embargo, a pesar de su utilidad, no toma en cuenta la distribución de las especies.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p^i \ln p^i$$

S número de especies (la riqueza de las especies)

p^i proporción de individuos de una especie (i) con respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie)

W sumatoria desde especie número 1 al total de las especies.

El índice contempla la cantidad de las especies que se encuentran en un lugar de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de las especies de un lugar (abundancia).

El siguiente ejemplo es tomado de la Tabla 11 que hemos utilizado anteriormente. El número de individuos asciende a 25.

Tabla 17 Número de individuos en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache (enero 2004)

Nombre científico	Número de individuos encontrados
<i>Guarea guidonea</i>	3
<i>Coffea arabica</i>	3
<i>Cupania americana</i>	2
<i>Cecropia schreberiana</i>	2
<i>Didymopanax morototoni</i>	2
<i>Alchornea latifolia</i>	2
<i>Spathodea campanulata</i>	2
<i>Andira inermis</i>	2
<i>Prestoea montana</i>	2
<i>Myrcia deflexa</i>	1
<i>Persea americana</i>	1
<i>Citrus sinensis</i>	1
<i>Bixa orellana</i>	1
<i>Vitex divaricata</i>	1
TOTAL	25

El primer paso consiste en determinar P_i . Este se obtiene al dividir el número de individuos de cada especie entre el número de individuos totales. Para el caso de la *Guarea guidonea*

$$3/25 = 0.12$$

El segundo paso es determinar el logaritmo natural de P_i ($\ln P_i$). Este se obtiene del cálculo matemático por calculadora.

$$\ln 0.12 = -2.12$$

El tercer paso consiste en multiplicar $P_i \ln P_i$. El signo negativo que está en frente del paréntesis tiene el propósito de convertir el resultado en uno positivo.

Para el caso ilustrativo 0.254 es el resultado que obtenemos (*Guarea guidonea*).

El siguiente paso consiste en hacer cada cálculo para cada una de las especies. Luego al sumar cada uno de los resultados de cada especie obtenemos el Índice de Diversidad Shannon. Para el caso ilustrativo 2.567 es el índice de diversidad. Por consiguiente si tuviéramos otra área de investigación y efectuamos las calculaciones descritas aquel que su índice de diversidad Shannon sea mayor es indicativo de mayor diversidad. Si tenemos datos de un mismo lugar durante cierto período de tiempo podemos determinar las variaciones en la diversidad durante un período de tiempo.

Tabla 18 Índice de diversidad de un área de investigación en el Bosque Estatal de Cambalache (enero 2004)

	Ni	Pi	$\ln P_i$	$-(P_i \cdot \ln P_i)$
<i>Guarea guidonea</i>	3	0.12	-2.12	0.254
<i>Coffea arabica</i>	3	0.12	-2.12	0.254
<i>Cupania americana</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Cecropia schreberiana</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Didymopanax morototoni</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Prestoea montana</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Alchornea latifolia</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Spathodea campanulata</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Andira inermis</i>	2	0.08	-2.53	0.202
<i>Myrcia deflexa</i>	1	0.04	-3.22	0.129
<i>Persea americana</i>	1	0.04	-3.22	0.129
<i>Citrus sinensis</i>	1	0.04	-3.22	0.129
<i>Bixa orellana</i>	1	0.04	-3.22	0.129
<i>Vitex divaricata</i>	1	0.04	-3.22	0.129

V. LOS SUELOS

Definición y Clasificación

El suelo es uno de los recursos naturales renovables más importantes que posee cualquier país. Dentro de esa perspectiva interviene en el desarrollo de los pueblos y comunidades que constituyen un país. De ahí, entre otras necesidades, de que éstos se mantengan productivos para de esa forma satisfacer las demanda de alimentos que requieren los países ante el incremento poblacional. No obstante, en muchos países han surgido interrogantes sobre la mejor utilización de sus suelos. Ante ese escenario, emerge entre otras preocupaciones, el destinar sus suelos al mejor uso posible sin perder de vista el impacto económico que ello representa para cada país. Uno de esos escenarios lo constituye el destinar aquellos lugares cuyo mejor uso esté representado en zonas de bosques debido a los diversos beneficios que los pueblos obtienen de los mismos. Por otro lado, los suelos poseen otras consideraciones las cuales emanan de la composición misma de éstos.

Al definir el término suelo a base de su composición éste puede definirse como una mezcla de sedimentos inorgánicos y de materiales orgánicos. Expresado de otra forma podemos señalar que el suelo se compone de fragmentos de rocas y minerales los cuales provienen del desgaste de las rocas, y de plantas y animales en diversas fases de descomposición. Ante este escenario, resulta muy revelador la clasificación de los suelos de Puerto Rico a nivel mundial.

“A pesar de su limitada extensión territorial, Puerto Rico, es uno de los países más interesantes del mundo para el estudio de los suelos. En un área de 3,435 millas cuadradas se han clasificado alrededor de 115 series, incluyendo 352 tipos y fases, en los cuales están representados casi todos los grandes grupos de suelos del mundo” (López y Carrasquillo, 2002, p.42).

La taxonomía de suelos es aquella ciencia que se dedica al estudio de la clasificación de los suelos. Dentro de esa perspectiva la taxonomía de los suelos fue desarrollada y coordinada a nivel internacional por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y su subsidiaria la National Cooperative Soil Survey. En este sistema de clasificación de suelos la categoría mayor se define como orden. Del examen de esa clasificación se desprende que en Puerto Rico se encuentran nueve de las doce órdenes de suelo que existen a nivel mundial. Ante ese panorama Puerto Rico se ubica en un lugar privilegiado para el estudio de suelos ya que en una isla con poca extensión territorial y con un buen sistema de comunicaciones tales como carreteras se reducen de forma significativa los costos económicos que tales estudios representan.

En Puerto Rico las nueve ordenes de suelos con sus respectivos por cientos del área que ocupan son las siguientes: inceptisoles (35.1%), ultisoles (23.5%), molisoles (17.8%), oxisoles (9.4%), vertisoles (5.0%), alfisoles (5.0%), entisoles (3.5%), histosoles (0.5%) y los espodosoles (0.2%) (Beinroth *et al.* 2002).

Características de los suelos

Textura

Se define como la textura del suelo a la proporción existente entre las partículas minerales que éste posee: arcilla, limo y arena. Estas partículas se clasifican o identifican a base de su tamaño.

Tabla 19 Clasificación de las partículas de suelo a base de su tamaño en diámetro según USDA (Brady y Weil, 2002. p.123)

Partículas minerales	Tamaño (milímetros)
Arcilla	menor de 0.002
Limo	0.002 a 0.05
Arena	mayor 0.05 a 2.0

Según la proporción que exista del tipo de partícula mineral tendremos diferentes texturas en el suelo. No obstante, la única partícula mineral que podemos observar a simple vista es la arena. Para observar la arcilla o el limo se requiere de la ayuda de un microscopio.

Un suelo arcilloso es aquel en el cual predomina la arcilla. Lo más arcilloso que existe es el fango. Desde el punto de vista de la textura, el barro, tiene consistencia y puede ser modelado. Son muy impermeables dado que no dejan pasar el agua o el aire. Por tal motivo suelen tener un mal drenaje y por consiguiente, se encharcan. Constituyen un gran problema en las zonas bajas en donde se acumula el agua. La mayor parte de las plantas se pudren bajo esas condiciones. Por otro lado, estos suelos almacenan nutrientes minerales y presentan un color marrón oscuro. Los suelos arcillosos al secarse quedan muy compactos y duros y se caracterizan por la apariencia de grietas. Podemos determinar que se trata de un suelo arcilloso cuando tomamos un pedazo de éste en las manos y podemos hacer fácilmente una bola. Otra prueba manual consiste en colocar un trozo de éste entre los dedos índice y pulgar. En ese sentido nos recuerda la textura del chicle. De poder realizar cintas de hasta unos cinco centímetros con éste, podemos describir que estamos tratando con un suelo de textura arcillosa.



Foto 81 Suelo arcilloso

Cada partícula de barro consta de capas delgadas y apiladas de aluminosilicatos con iones de carga negativa en la superficie. Conforme escurre el agua por el suelo, el barro atrae tanto los iones minerales disueltos con carga positiva como las moléculas de agua. La superficie con carga es el motivo por el cual el barro es tan eficaz para atraer nutrientes para el crecimiento de las plantas.

La mayoría de las plantas no tiene un buen desarrollo en la tierra que posee una gran cantidad de barro. Cuando no hay suficiente aluvión y arena, las partículas de barro se empaquetan con tanta fuerza que excluye el aire. Las células de la raíz no pueden conseguir oxígeno para la respiración aeróbica. Por otro lado, el agua no penetra a los suelos que poseen grandes cantidades de barro y por lo tanto tienden a fluir por la superficie y a escurrir.

En la toponimia de Puerto Rico la palabra “Barros” figura como el nombre de uno de los barrios de Orocovis. Por otro lado, Barros era el antiguo nombre del pueblo de Orocovis (Rivera Arbolay, 1999, p.228).

Un suelo arenoso posee sobre todo arena. Un ejemplo extremo de ello es la playa. Éstos suelos se secan rápido (no almacenan agua), posee buen drenaje y requieren de un buen sistema de riego como el de goteo. Por tanto su riego se efectúa con poca cantidad de agua pero se lleva a cabo con mayor frecuencia. No obstante, existen especies adaptadas a vivir en esos suelos. Ejemplo de ello son las palmeras y en caso de Puerto Rico la palma de cocos (*Cocos nucifera*). Al igual que ocurre con el agua tampoco retienen nutrientes minerales que son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La lluvia y el riego provocan una especie de lavado de los nutrientes de las zonas de las raíces a zonas de mayor profundidad. El abonamiento en este tipo de suelo requiere dadas las características antes mencionadas de pocas cantidades. Por otro lado, las raíces en suelos arenosos disfrutan de una buena aereación debido a la gran porosidad existente. Por lo regular los terrenos arenosos poseen un color claro. Sabemos que se trata de este tipo de suelo porque al tomar un poco de éste entre los dedos somos incapaces de formar una bola. Este tipo de suelo por más que tratemos de manipularlo continuará suelto. En la toponimia de Puerto Rico este tipo de suelo, como nombre de barrio, posee las

siguientes variantes: Arena en Guánica, Arenalejos en Arecibo, Arenales en Isabela y Arenas en Cidra y Utuado (Torrech San Inocencio, 1998, p.168).



Foto 82 Suelo arenoso

Un terreno limoso es aquel que ocupa una posición intermedia entre los antes descritos. Ejemplo de ello son las vegas de los ríos. Es un tipo de suelo compacto, pero sin llegar a serlo tanto como los arcillosos. Son terrenos muy productivos debido a la sedimentación de materiales muy finos los cuales han sido arrastrados por las aguas o depositados por el viento. Reconocemos que estamos ante un suelo limoso por que al igual que los arcillosos permiten formar unas bolas pero éstas se rompen con facilidad. Por otro lado, a diferencia de los suelos arcillosos no nos permite formar cintas entre los dedos.

Dado que las vegas de los ríos poseen una relación con los terrenos de aluvión tal parece que toponómicamente aparenta algún tipo de relación como nombre de barrio o sus variantes: Vega Redonda de Comerío, Vegas en Cayey y Yauco; Vegas Abajo y Vegas Arriba en Adjuntas, y, Veguitas en Jayuya (Torrech San Inocencio, 1998, p.190). Por otro lado, existen las variantes de Vega Alta y Vega Baja como nombres de pueblos que a su vez con contiguos o colindantes.

Tras años de experimentación a base de la textura de los suelos y del humus que éste posee se destaca que la mayor parte de las plantas se desarrollan mejor en aquellos suelos que poseen proporciones equitativas de arena, limo y arcilla y que también poseen entre un 1-20 % de humus (Starr y Taggart, 2007, p.513). Ante esa situación el agua y el oxígeno pueden penetrar con mayor facilidad al suelo.



Foto 83 Suelo limoso

Aunque los análisis más complejos del suelo se llevan a cabo en laboratorios especializados existe una manera sencilla, casera y simple mediante la cual podemos averiguar la proporción de las partículas minerales de que se compone el suelo (USDA, Soil Conservation Service, 1992, p.4). Para ello utilizamos un pote o jarro de cristal transparente y llenamos alrededor de una quinta parte de éste con el suelo que deseamos examinar. Procedemos luego a llenar el jarro antes descrito con agua y lo cerramos. Luego procederemos a agitar el contenido procediendo a un estado de reposo (tapa hacia arriba). Al cabo del tiempo observaremos que en el fondo del jarro se localizan las piedrecitas, luego la arena, el limo y sobre éste la arcilla. Sobre estas capas de materia inerte, tendremos la materia orgánica descompuesta o humus. Parte de esta última estará formada por materiales de muy poca densidad las cuales pueden aparecer flotando en el agua. Al observar el ancho de cada una de las capas podemos determinar sobre qué tipo de suelo se trata.

Capas u horizontes

Los suelos se desarrollan con lentitud, en lapsos, de miles de años y se encuentran en diferentes etapas de desarrollo en los diversos sitios. Casi siempre forman capas u horizontes, que se distinguen por su color y otras propiedades. Las capas nos ayudan a determinar el perfil del suelo en un lugar específico. Cada tipo de suelo consta de una sucesión de unos cuatro horizontes o capas (O, A, B y C) que se sustentan sobre la capa rocosa R (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 13, p.308).

Dentro de ese contexto, la calidad física del suelo se puede estudiar a base de un parámetro que se denomina como horizonte.

Horizonte O. Está representado por restos vegetales y animales en descomposición en la cual el contenido de materia orgánica es superior al 20 %. En suelos arcillosos alcanza un 30 % (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 13, p.308).

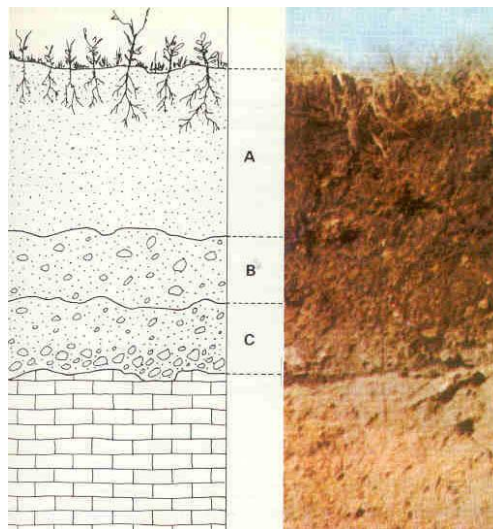
Horizonte A: Es la capa superior del suelo, con materia orgánica en descomposición. Su profundidad es variable. En algunos lugares se extiende hasta una profundidad de 30

centímetros por debajo de la superficie del suelo. Posee características variables en función del uso a que se destine el suelo: pasto, cultivo o vegetal.

Horizonte B: Las partículas del suelo son más grandes que el horizonte A. No poseen mucha materia orgánica, sino más minerales. Se extiende entre 30-60 centímetros por debajo de la superficie del suelo. Constituye un estado de transición en la cual se hacen presentes, entre otros, la lixiviación y la filtración. Suele considerarse como el horizonte mineral con mayor variabilidad (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 13, p.308).

Horizonte C: No posee materia orgánica sino fragmentos parcialmente intemperizados y granos de roca a partir de los cuales se forma el suelo. Se extiende al lecho de la roca subyacente. Suele considerarse como el horizonte mineral con menor alteración (Enciclopedia Hispánica-Macropedia, 1990-1991, Vol. 13, p.308).

En los suelos es de vital importancia considerar la lixiviación y la erosión de los mismos. La lixiviación es la percolación del agua hacia abajo, la cual arrastra pequeñas cantidades de nutrientes disueltos a través del suelo. Es más rápida en suelos arenosos, que no son tan eficientes como el barro para atraer nutrientes. La erosión del suelo es la pérdida de suelo a causa del exceso de agua y viento. Los vientos fuertes, así como el agua que se mueve con rapidez y la escasa vegetación provocan mayores pérdidas.



Ilust. 27 Horizonte de suelo

Foto 84 Horizontes del suelo

Profundidad

El término profundidad es utilizado como un mecanismo para determinar la distancia a la cual se encuentra (que no es atravesable por las raíces) la capa rocosa de la superficie.

Dentro de esa perspectiva se define que un suelo no es profundo si la capa rocosa se localiza a menos de 80 centímetros. Si por el contrario la capa rocosa se ubica a más de 80 centímetros se clasifica como un suelo profundo. En los suelos profundos las raíces dispondrán de suelo en cantidad para profundizar y desarrollarse libremente.

Un experimento sencillo para determinar si un suelo es profundo o no es introduciéndole una varilla hasta donde se encuentre la roca. Luego procedemos a retirarla y medir la profundidad. No obstante, hay que poseer cautela de que no nos confundamos con la presencia de raíces, en especial, con las de gran tamaño.

pH

El pH es un término con el cual se define la concentración de iones de hidrógeno. También se define como una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Se expresa con un número. Por ser el logaritmo, no lleva unidades.

$$\text{pH} = \log_{10} (1/ [\text{H}^+])$$

Tabla 20 Relación entre el tipo de suelo y el pH

Tipo de suelo	pH
Ácido	Menor de 7
Neutro	Más o menos alrededor de 7
Básico	Mayor de 7

El pH del suelo se determina llevando una muestra de éste a un laboratorio especializado para efectuar dicha tarea. Los resultados del laboratorio utilizan decimales. Por otro lado usted puede determinar el pH del suelo de una manera barata y sencilla adquiriendo un equipo que se ha diseñado para ese propósito.

En términos generales, existe una relación entre el pH y la disponibilidad de los nutrientes. En suelos de gran acidez los macronutrientes así como el molibdeno y el boro se reducen significativamente. En contraste a ello, los cationes de la mayor parte de los micronutrientes están disponibles en suelos ácidos (Brady y Weil, 2002, pp. 388-391). Si el suelo resulta muy ácido (pH menor de 5.5) es desfavorable a la mayoría de las plantas y por lo tanto se requiere aumentar el pH del mismo. Ese mecanismo se logra mediante la incorporación de caliza molida. A ese proceso se le denomina como encalar.

Si el pH es neutro a la mayoría de las plantas les será favorable. En cuanto a los nutrientes resulta en una disponibilidad óptima de todos aquellos que las plantas necesitan normalmente.

Si el suelo es básico pueden ocurrir ciertos problemas. Aquellas especies acidófilas no les irá bien. Sus hojas se tornarán amarillentas y producirán pocas flores. Por tanto va a ser necesario modificar su pH.

La caliza es un tipo de mineral de los muchos que podemos encontrar en el suelo. Juega un papel de importancia en el pH del suelo y ejerce su influencia sobre las propiedades del suelo. Dentro de ese escenario, la caliza, alcaliniza el suelo y es muy apropiada en la estructura del suelo ya que lo hace más estable y agregado.

Salinidad

Un suelo es denominado como salino si posee cantidades excesivas de determinadas sales tales como cloruros y sulfatos. En climas húmedos, donde llueve mucho, es muy raro encontrar suelos salinos. Las sales son lavadas y pasan a lugares de mayor profundidad o se exportan con la escorrentía y por tanto no afectan la zona de las raíces. En climas secos, los terrenos suelen ser salinos debido a que no existen las lluvias abundantes que arrastran las sales.

La salinidad del suelo dependerá de la geología del lugar. Un suelo que inicialmente no es salino puede pasar a serlo si se riega por muchos años con aguas salitrosas. El exceso de sales provoca que las plantas no puedan absorber el agua. Por otro lado, a pesar de que un suelo esté regado, la planta posee un déficit hídrico y ello se debe al proceso de osmosis. Lo que está sucediendo es que el agua no puede entrar dentro de los pelos radiculares debido a la alta concentración de sales en el agua fuera de la planta.

El síntoma típico del suelo salino es que las puntas de las hojas están quemadas y de un color marrón. Para determinar si un suelo es salino o no ayuda en gran medida la observación. Si la planta se presenta como con un aspecto de que carece de agua ello es indicativo de un suelo salino. Otra manera sencilla y práctica para determinar si un suelo es salino o no es sembrando judías en los mismos. Si al salir las hojas se tornan de un color púrpura en lugar del verde ello es indicativo de un suelo salino. La judía (*Phaseolus spp*) es una planta que es muy sensible a la salinidad y por tanto es un gran indicador de la misma. Otra manera de determinar si un suelo es salino o no es observando la superficie del suelo. Si se observan manchas blancas se confirma la salinidad del mismo.



Foto 85 Judía (*Phaseolus vulgaris*)

La mejor forma de determinar si un suelo es salino o no es mediante un análisis del mismo. La determinación del grado de salinidad en los suelos nos ayuda a identificar qué tipo de árboles y arbustos que son más apropiados sembrar. Dentro de ese contexto mencionamos las palmeras ya que resisten altos niveles de salinidad.

Densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo se define como la relación que existe entre el volumen y el peso seco de una muestra de suelo. Este parámetro es considerado como un buen indicador de las características del suelo tales como la porosidad, el grado de aireación y la capacidad de drenaje. Dentro de esa perspectiva, la composición y estructura de los suelos son factores que influyen en la densidad aparente de éstos.

Los valores que se obtienen al determinar la densidad aparente del suelo nos brindan una información muy valiosa. Ante esa circunstancia, unos valores bajos son indicativos de suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje. Por el contrario, valores altos implican que tales suelos son compactos o poco porosos. Al poseer poca porosidad en su composición, la infiltración es lenta y por tanto se crean anegamientos.

Aunque la densidad aparente del suelo se puede realizar a cualquier profundidad, por capas u horizontes recomendamos por cuestión de conveniencia el método del uso de barrenos a una profundidad de 30 centímetros. Por otro lado, esa profundidad es reconocida como la capa arable del suelo.

Las muestras de suelo para la determinación de la densidad aparente empleando el sistema de barreno se llevan a cabo a dos profundidades: 0-15 cm y de 15-30 cm. Para ello se utiliza un barreno de muestreo de suelo el cual está graduado a 15 y 30 cm. Dicho instrumento está compuesto de un tubo cilíndrico que posee un radio de 1.95 cm y una extensión de 30 cm la cual está conectada a una varilla de unos 60 cm que facilita su manejo.



Foto 86 Barreno para suelos

Una vez se ha limpiado el lugar de muestreo de suelo se oprime el barreno hasta llegar a una profundidad de 15 cm. Se procede a retirar el barreno ubicando la muestra de suelo en una bolsa de tela previamente pesada e identificada. En ocasiones el barreno no logra penetrar a la profundidad deseada debido a ciertas situaciones, entre las cuales se ubican, las siguientes: piedras o raíces. Ante esa circunstancia es vital el dato correspondiente a la profundidad. Para obtener el mismo se introduce una varilla graduada en centímetros. En ocasiones la muestra de suelo ubicada en el barreno no sale con facilidad. Para ello es necesario el uso de un cuchillo y de una bolsa plástica grande. De esa forma no perderemos parte de la muestra ya que de así ocurrir se procederá a eliminar la o las muestras. Toda muestra que se ubica en el barreno tiene que ser recolectada completamente. Si una porción de la muestra se pierde, ésta en su totalidad debe de eliminarse. Si eso sucede en el muestreo de los 15-30 cm también se descarta la muestra de suelo de la profundidad de 0-15 cm. Recuerde que estas muestras se efectúan en duplicados, o sea, dos lugares de muestreo por lugar de referencia (A y B). Las muestras que llegan al laboratorio se secarán en un horno a 105° C durante 24 horas.

Si deseamos calcular el almacenaje de nutrientes en el suelo tenemos que obtener una tercera muestra por cada punto de identificación donde se ha efectuado cada muestra para densidad aparente. Estas muestras se secarán a temperatura de ambiente o en un horno a 40° C hasta que éstas reflejen un peso estable. Las muestras de densidad aparente de suelo no se pueden utilizar para análisis de nutrientes debido a que en el proceso de secado a 105° C se descomponen algunos de los nutrientes.



Foto 87 Determinando profundidad de la muestra de suelo

Las bolsas de tela las cuales han sido previamente pesadas cada una de ellas deben de poseer una información básica en la etiqueta que éstas contienen: fecha, lugar de investigación, investigador, peso de la bolsa, profundidad y punto de referencia. Es muy importante el determinar que toda bolsa de tela no posea orificios y de que posea un cordón de amarre fuerte así como de una etiqueta en buen estado. Nunca lleve a cabo un muestreo de campo para densidad aparente de suelo si está lloviendo o si el barreno está húmedo o defectuoso. Si lo intenta verá inmediatamente que se pierde suelo en ese proceso. Por otro lado siempre asegúrese de limpiar el barreno cada vez que toma una muestra.

El diseño para el muestreo de densidad aparente de suelo de un área de investigación varía en acorde a la extensión de lugar bajo estudio así como de las ondulaciones, depresiones o pendientes del mismo. Consideremos el ejemplo siguiente. El área de estudio es una zona prácticamente plana y posee las siguientes dimensiones: 50 m de largo (eje y) por 20 m de ancho (eje x). El diseño consiste en tomar un conjunto de muestras de manera equidistante. Para los fines de los cálculos de la densidad aparente de la muestras de suelo de este ejemplo solo consideramos los datos de la primeras doce muestras.

Tabla 21 Densidad aparente del suelo en un área de investigación del Bosque Estatal de Cambalache.

Número de muestra	Identificación	Punto	Profundidad (cm)	Peso bolsa papel (g)	Peso seco bolsa de papel y muestra de suelo (g)	Peso Seco muestra de suelo (g)	Volumen de suelo (cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)
1	1A	[5,10]	0-15	9.641	39.331	29.690	44.797	0.66
2	1A	[5,10]	15-30	9.545	59.729	50.184	44.797	1.12
3	1B	[5,10]	0-15	9.603	41.143	31.540	44.797	0.70
4	1B	[5,10]	15-30	9.625	54.797	45.172	44.797	1.01
5	2A	[10,10]	0-15	9.524	37.612	28.088	44.797	0.63
6	2A	[10,10]	15-30	9.652	61.914	52.262	44.797	1.17
7	2B	[10,10]	0-15	9.616	35.715	26.009	44.797	0.58
8	2B	[10,10]	15-30	9.514	66.773	57.259	44.797	1.28
9	3A	[15,10]	0-15	9.650	33.154	23.504	44.797	0.52
10	3A	[15,10]	15-30	9.584	18.548	8.964	11.946	0.75
11	3B	[15,10]	0-15	9.511	44.266	34.755	44.797	0.78
12	3B	[15,10]	15-30	9.459	61.102	51.643	44.797	1.15

Densidad aparente del suelo = peso seco de la muestra de suelo (g)/volumen de suelo (cm³)

Volumen de suelo = (área de muestreo del instrumento) X (profundidad de la muestra de suelo)

$$= 3.1416 r^2 \times (\text{profundidad de la muestra de suelo})$$

$$\text{Diámetro del instrumento} = 1.95 \text{ cm}$$

r el cual es el radio se define como el diámetro dividido entre dos.

$$\text{radio} = \text{diámetro}/2$$

$$\text{radio} = 1.95 \text{ cm}/2 = 0.975 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen de suelo} = 3.1416 (0.975 \text{ cm})^2 \times (\text{profundidad de la muestra de suelo})$$

Ejemplo: Muestra 1 peso seco de la muestra de suelo 29.6 g
 profundidad de la muestra 15 cm

$$\begin{aligned}\text{Volumen de suelo} &= 3.1416 (0.975 \text{ cm})^2 \times 15 \text{ cm} \\ &= 3.1416 (0.950625 \text{ cm}^2) \times 15 \text{ cm} \\ &= 3.1416 (0.950625 \text{ cm}^2) \times 15 \text{ cm} \\ &= 2.9864835 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ cm} \\ &= 44.797252 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\text{Densidad de la muestra de suelo núm. 1} = 29.6 \text{ g}/44.797252 \text{ cm}^3 = 0.6607548 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Densidad de la muestra de suelo núm. 2} = 50.184 \text{ g}/44.797252 \text{ cm}^3 = 1.1202474 \text{ g/cm}^3$$

De la comparación de las densidades aparentes de ambas muestras se infiere que la muestra 1 es más poroso, más aireado y con mejor drenaje que la muestra 2.

Almacenaje de nutrientes en el suelo

El almacenaje de nutrientes en el suelo el cual se expresa en kg/ha se define de la siguiente forma: (densidad aparente) X (profundidad) X (concentración de nutrientes)

Supongamos que el reporte del análisis químico de nutrientes del laboratorio señala que la muestras núms. 1 y 2 de la Tabla 23 poseen una concentración de 0.023 y 0.012 mg/g de Ca. Con esos datos y los reportes de densidad aparente y la profundidad de la muestra podemos calcular el almacenaje de Ca en el suelo en esas muestras

Almacenaje de nutrientes para Ca de la muestra núm. 1 se determina de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} &= (\text{densidad aparente}) \times (\text{profundidad}) \times (\text{concentración de Ca}) \\ &= (0.66\text{g/cm}^3) \times (15 \text{ cm}) \times (0.023\text{mg/g}) \\ &= 0.2277 \text{ mg/cm}^2 \\ &= 22.77 \text{ kg Ca/ha} \end{aligned}$$

Almacenaje de nutrientes para Ca de la muestra núm. 2 se determina de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} &= (1.12\text{g/ cm}^3) \times (15\text{cm}) \times (0.012\text{mg/g}) \\ &= 0.2016 \text{ mg/cm}^2 \\ &= 20.16 \text{ kg Ca/ha} \end{aligned}$$

Al comparar el almacenaje de Ca en ambas muestras se reconoce que la muestra. 1 posee una concentración de 2.61kg Ca/ha mayor que la muestra 2

Causas de la degradación de los suelos

La degradación de los suelos suele ocurrir por las siguientes causas: meteorización (física o mecánica, química), erosión, transporte o sedimentación.

La meteorización consiste de la transformación o de la fragmentación de los materiales en la superficie terrestre por acción de la temperatura, la presión y el agua. No obstante ésta se subdivide en: física o mecánica y la de naturaleza química. La meteorización física o mecánica es aquella que se produce cuando al bajar las temperaturas que se localizan en las grietas de las rocas, se congelan con ellas, aumentando su volumen y por ende provocando la fractura de las rocas. La meteorización química es aquella que se lleva a cabo cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ellas.

La erosión consiste en el desgaste y fragmentación de los materiales de la superficie terrestre por una serie de factores tales como la acción del agua y el viento. Los fragmentos que se desprenden reciben el nombre de detritos.

El transporte consiste en el traslado de los detritos de un lugar a otro.

La sedimentación consiste en el depósito de los materiales transportados. Los materiales transportados se denominan sedimentos. Cuando los sedimentos se cementan dan origen a las rocas sedimentarias.

Materia orgánica (humus)

Usualmente se hace referencia a la materia orgánica del suelo con la denominación de humus. No obstante, en el suelo hay materia orgánica que no es humus tales como los restos de hojas por descomponer, los insectos, los hongos y las bacterias. El humus del suelo es una mezcla amorfa y compleja de sustancias orgánicas que se pueden identificar como tejidos (Brady y Weil, 2002, p.512.). Al caer una hoja al suelo ésta es inmediatamente atacada por los hongos y las bacterias para dar paso al proceso de descomposición. Como resultado de ello, un porcentaje de las hojas se convierten en nutrientes minerales tales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio los cuales pueden ser tomados directamente por las plantas. Otra parte de ello se convierte en humus. Con el correr del tiempo el humus nuevo que se ha formado, se transforma en minerales.

El humus es especial y beneficioso para las plantas y el suelo ya que le aporta o brinda una serie de beneficios. Al agregar las partículas y esponjar el suelo motiva el mejorar la estructura del suelo. El humus se infla y encoje con rapidez cuando absorbe o libera agua. Ese cambio rápido permite la aereación del suelo abriendo espacios en los cuales penetra el aire. Por otro lado, el humus provoca la retención de agua y minerales en el suelo evitando de esa forma que éstos se pierdan en las profundidades del mismo. Sus ácidos orgánicos con carga negativa atraen iones minerales de cargas opuestas. En ese sentido actúan como la arcilla. El humus también aporta lentamente nutrientes minerales a medida de que se descompone, entre otras cosas, en nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio. A su vez el humus produce ciertos activadores de crecimiento que la planta puede absorber y de esa forma favorecer a su nutrición y resistencia. Entre ellos figuran las vitaminas y los reguladores de crecimiento. Ante ese marco escénico, las raíces se encuentran mejor en un suelo rico en humus que en uno en donde éste no sea abundante.

Al tomar un poco de tierra en la mano, por la estructura y el color que posee, se puede determinar más o menos si éste es rico o no en materia orgánica. No obstante, la experiencia y la familiaridad con este procedimiento contribuyen de forma significativa a determinar una cosa o la otra. El método más preciso es llevar la muestra de suelo al laboratorio para su análisis respectivo. Por ejemplo un suelo que posee 1.7 % de materia orgánica en realidad lo que quiere decir es que por cada 1000 kilos de suelo hay 1.7 kilos de humus.

La mayor parte de los suelos cultivados poseen entre 1-3 % de humus. La arena de las playas, la cual es muy pobre en humus, no llega a ser de 1%. En el extremo opuesto, el suelo de un bosque, puede ser muy rico y superar el 5 % de humus.

En la agricultura se hacen análisis de suelos y uno de los datos que se determina lo es la materia orgánica (humus). Si éste posee un valor bajo es más que recomendable el efectuar un plan para mejorarla. Sin embargo, el aumentar ese nivel requiere de tiempo, ya que ese proceso se efectúa lentamente durante el transcurso de largos años. Por otro lado, sí existen datos que nos indican cuanto humus se puede obtener de cada material. Ejemplo de ello es el estiércol lo cual produce alrededor de un 10 % de lo depositado.

Un suelo que es rico en materia orgánica es uno que es rico en nitrógeno. Cuando se aporta materia orgánica a un suelo se procede a conseguir dos cosas: humus y nutrientes minerales (de la descomposición de la materia orgánica). Los suelos arcillosos poseen más nutrientes que aquellos que son clasificados como arenosos. La arena de playa posee de todos los nutrientes pero en pocas cantidades. Prueba de ello es que en las playas crecen dunas. Los abonos y los fertilizantes aportan al suelo nutrientes minerales que las plantas van consumiendo. No obstante la fertilización procede de dos tipos de abonamiento: orgánico y el químico o mineral.

El estiércol y la composta son ejemplos de abonos orgánicos. Éstos aportan de todo pero en poca cantidad y lentamente. Los abonos orgánicos forman humus como suministro de nutrientes. Se descomponen lentamente a su ritmo, según el clima y el tipo de suelo.

Los abonos químicos aunque aportan nutrientes puros ni hacen lo respectivo en relación al humus ni mejoran el suelo como lo hacen los abonos orgánicos. No obstante, sí enriquecen de minerales el suelo.

La mayoría de los abonos y fertilizantes suelen poseer tres elementos esenciales: nitrógeno, potasio y fósforo debido a que las plantas requieren de ellos en mayores cantidades en relación a los demás nutrientes.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Nazario, Manuel. 1977. El influjo indígena en el español en Puerto Rico. Río Piedras: Editorial Universitaria, 191 p.

Álvarez Nazario, Manuel. 1982. Orígenes y desarrollo del español en Puerto Rico (Siglos XVI y XVII). Río Piedras: Editorial Universitaria. 470 p.

Álvarez Nazario, Manuel. 1990. El habla campesina del país (Orígenes y desarrollo del español en Puerto Rico). Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 594 p.

Álvarez Nazario, Manuel. 1996. Arqueología lingüística. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 145 p.

Archivo General de Puerto Rico. 1877. Obras Públicas, Propiedad Pública. “Informe de Pedro Alonso Ruiz al Inspector [sic] de Montes de Puerto Rico relativo a la certificación y reconocimiento de los postes telegráficos facilitados por Frutos Caloca a la Inspección [sic] General de Telégrafos”.

Asamblea Legislativa de Puerto Rico. 1992. Leyes y Resoluciones de la Undécima Asamblea Legislativa de Puerto Rico. Parte 1. Butterworth Legal Publishers: Orford, New Hampshire & Butterworth de Puerto Rico, Inc.

Beinroth Friedrich H., Robert J. Engel, Jorge L. Lugo, Carmen L. Santiago, Samuel Ríos y Greg R. Brannon. 2003. “Updated Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico, 2002”. San Juan, Puerto Rico. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, College of Agricultural Experiment Station, 73 p.

Benton Jones, J; Benjamin Wolf y Harry A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook: a Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing Inc., Georgia, USA, 213 p.

Blanco, Tomás. 1981. Prontuario histórico de Puerto Rico. Río Piedras: Ediciones Huracán, 165 p.

Britton, N.L. 1915. “John Francis Cowell”, in Journal of the New York Botanical Garden 14 (189): 191-193.

Brady, Nyle C. y Ray R. Weil. 2002. The nature and properties of soils. Prentice Hall: Upper River, New Jersey, 960 p.

Borrás, Gloria y Tere Dávila. 2006. Manos del pueblo: Artesanos de Puerto Rico. China: Asia Pacific, Phoenix Offset, 240 p.

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1994.** El árbol al servicio del agricultor (Manual de agroforestería para el desarrollo rural). Parte 1. Turrialba: ENDA-CARIBE, 657 p.
- Cruz Evelyn. 2007-2008.** “Clara Abad y su acuasuelo” en El Sol (Revista Oficial de la Asociación de Maestros de Puerto Rico). 51(4): 13-15.
- Delgado, Juan Manuel. 2001.** Sobrevivencia de los apellidos indígenas según la historia oral. Revista de Genealogía Puertorriqueña 6(1): 41-80.
- Delgado Leonardo y Rosa Amelia Pedroza Pérez. 2002.** “La madera muerta de los ecosistemas forestales” en Foresta Veracruzana 4(2):59-66.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (División Forestal) sf,** “Beneficios de los árboles”, 1 p.
- Díaz Montero, Aníbal. 1984.** Del español jíbaro. Santurce: Editorial Díaz-Mont, 172 p.
- Domínguez Cristóbal, Carlos M. 2000.** Panorama histórico forestal de Puerto Rico. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 680 p.
- Domínguez Cristóbal, Carlos M. 2006.** El rol del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical en el proyecto de la selección del árbol municipal oficial de los pueblos de Puerto Rico. Acta Científica 20 (1-3): 39-42.
- Enciclopedia Hispánica (Macropedia) 1990-1991.** Versailles, Kentucky: Encyclopaedia Britannica Publishers, Inc.
- Francis, J.K. y H.A. Lioger. 1991.** Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. Gen.Tech. Rep. SO-82. New Orleans: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, 12 p.
- Gier, Jean. 1990.** A History Buffalo and Erie County Botanical Gardens.1900-1990. Publication by the Buffalo and Erie County Botanical Gardens Society, Inc., in cooperation from the Erie County Department of Parks and Recreation. 36 p.
- Gledhill, D. 1994.** The name of plants. Cambridge University Press. 202 p.
- Hernández Aquino, Luis. 1977.** Diccionario de voces indígenas de Puerto Rico. Río Piedras: Editorial Cultural, 456 p.
- Johnson, George B. y Peter A. Raven. 2006.** Biology. Austin (Texas): Holt, Rinehart and Winston, 1146 p.

- Ibáñez, José C. 1976.** Historia moderna y contemporánea. Buenos Aires: Editorial Troquel S.A. 592 p.
- Kingsolver, Robert W. 2006.** Ecology on Campus. Benjamin Cummings, 436 p.
- Larcher Wakter. 1995.** Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Berlin, Germany: Springer-Verlag. 506 p.
- Legislatura Municipal de Comerío.** Ordenanza núm. 9 Serie 2007-2008.
- Legislatura Municipal de Corozal.** Ordenanza núm. 14 Serie 2005-2006.
- Lincoln Roger, Geof Boxshall y Paul Clark. 2001.** A Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics. Cambridge University Press, 361 p.
- Little, Elbert L., Frank H. Wadsworth y José Marrero. 2001.** Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 764 p.
- Lonsdale, W.M. 1988.** "Predicting the Amount of Litterfall in Forest of the World." Annals of Botany. Vol. 61, pp. 319-324
- López, Adolfo R. (Investigador- Redactor) y Rafael A. Carrasquillo (Editor). 2002.** Atlas de ecología de Puerto Rico: el aire, el agua y la tierra. San Juan: Editorial Cordillera, 80 p.
- Lugo, Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal, Awilda Santos y Elsa Torres Morales. 1999.** Nutrient return and accumulation in litter of a secondary forest in the coffee region of Puerto Rico. Acta Científica. 13 (1-3): 43-74.
- Lugo, Ariel E., Carlos Domínguez Cristóbal y Noemí Méndez Irizarry. 1999.** Biomasa y nutrientes en raíces y brizales de un bosque secundario en la zona cafetalera de Utuado. Acta Científica. 13 (1-3): 75-87.
- Lugo, Ariel E., Elena Román Nunci, Maya Quiñones, Humfredo Marcano Vega e Iván Vicéns. 2005.** El Bosque Estatal del Nuevo Milenio antes y después del huracán Georges. Acta Científica. 19 (1-3): 83-85.
- Picó, Rafael. 1975.** Nueva geografía de Puerto Rico. Río Piedras: Editorial Universitaria, 460 p.

- Popper Nathaniel, Carlos Domínguez Cristóbal, Awilda Santos, Noemí Méndez Irizarry, Elsa Torres Morales, Ariel E. Lugo, Zilka Z. Rivera Lugo, Bairá Soto Toledo, Marisol Santiago Irizarry, Idaliz Loucil Rivera, Luis A. Zayas y Camilo Colón. 1999.** “A comparison of two secondary forest in the coffee zone of central Puerto Rico” en *Acta Científica*. 13 (1-3): 27-41.
- Pumarada O’Neill, Luis. 1990.** La industria cafetalera de Puerto Rico (1736-1969). San Juan: Oficina Estatal de Preservación Histórica, 195 p.
- Rivera Arbolay, Pedro J. (Coordinador). 1999.** Pueblos de nuestro Puerto Rico. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas Inc., 359 p.
- Rodríguez Anda, R. y F.J. Fuentes Talavera. 2003.** Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 9 (1): 95-100.
- Santiago Valentín, Eugenio. 2008.** ¿Qué palabra debo usar: autóctono, indígena, nativo, endémico o exótico? En Rafael J. Joglar (editor) *Biodiversidad de Puerto Rico: Agustín Stahl, flora, hongos*. Río Piedras: Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico y Proyecto Coquí. pp 85-87.
- Sopena, Ramón. 1970.** Nuevo diccionario ilustrado de la lengua española. Barcelona: Editorial Ramón Sopena, S.A. 1036 p.
- Starr, Cecie y Ralph Taggart. 2007.** *Biología: La unidad y la diversidad de la vida*. México: International Thompson Editores, S. A. de C.V., 917 p.
- Torrech San Inocencio, Rafael. 1998.** Los barrios de Puerto Rico. San Juan: Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, 190 p.
- USDA (Soil Conservation Service) 1992.** Teaching soil and water conservation: a classroom and field guide. Program Aid Number 341. Washington, D.C.: Government Printing Office, 30 p.
- Wadsworth, F.H. 1992.** Unos componentes de la educación ambiental. *Acta Científica*. 6(1-3): 151-154.
- Wenger, Karl F. (editor) 1984.** *Forestry Handbook*. John Wiley & Sons, Inc. 1335 p.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos prohíbe la discriminación en todos sus programas y actividades por razones de raza, color, nacionalidad, edad, discapacidad y, donde sea pertinente, sexo, estado civil, estado familiar, estado paterno, religión, orientación sexual, información genética, creencias políticas, represalias o porque todos o parte de los ingresos de una persona se deriven de un programa de asistencia pública. (No todas las razones prohibidas aplican a todos los programas). Las personas con discapacidad que requieren medios alternos para la comunicación de la información del programa (Braille, letras grandes, cintas de audio, etc.) deben comunicarse con el Centro TARGET del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos al (202) 720-2600 (voz y TDD). Para presentar una querrela de discriminación, escriba a USDA, Director Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, D.C. 20250-9410 o llame al (800) 795-3272 (voz) o al (202) 720-6382 (TDD). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos es un proveedor y patrono con igualdad de oportunidades.