

**ESTRATEGIA PARA LOS OBJETIVOS DE CORTO,
MEDIANO Y LARGO PLAZO DEL PROYECTO INVENTARIO
NACIONAL FORESTAL EN TEMAS DE DENDROLOGÍA**

Elaborado por Carlos Reynel, Ph.D.

Presentado al Programa PFSI / ONG Aire, Bosques y Agua

Octubre 2014

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
PARTE I. CONCEPTOS RELEVANTES	5
1. DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE LA FLORA PERUANA	6
1.1. Dimensión de la diversidad biológica en la flora forestal en el Perú	6
1.2. Vacíos de conocimiento de la flora forestal del país	7
1.3. Taxonomía e identificación taxonómica	9
1.3.1. Taxonomía	9
1.3.2. Concepto de especie	9
1.3.3. Nombres Científicos.....	10
1.4. Identificación taxonómica de las especies	14
1.4.1. Análisis de correspondencia morfológica y a otros niveles	14
1.4.2. Herbarios de referencia	15
1.4.3. Análisis de la bibliografía especializada	16
1.5. Dendrología	20
PARTE II. ESTRATEGIA DEL COMPONENTE DE DENDROLOGIA DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL	22
1. CRITERIOS ENFATIZADOS	23
2. PROCEDIMIENTOS A INCORPORAR	24
2.1. TRAZABILIDAD DE NOMBRES E IDENTIFICACIONES	24
2.3. TRAZABILIDAD DE LOS ESPECIMENES DENDROLÓGICOS	30
2.3.1. Valor e importancia de los especímenes Dendrológicos	30
2.3.2. Trazabilidad de los especímenes	35
3. PARCELAS PERMANENTES COMO EJE DEL COMPONENTE DE DENDROLOGIA	40
4. REGISTRO E INTEGRACION DE METADATOS	41
4.1. Metadatos y su importancia en la identificación taxonómica	41

4.2. Protección del acceso y responsabilidad sobre las Bases de Datos	43
4.3. Monitoreo de los datos y sus tendencias en el tiempo	43
5. CRITERIOS RECOMENDADOS ANTE CAMBIOS NOMENCLATURALES Y EN LOS SISTEMAS DE CLASIFICACION TAXONÓMICA	44
5.1. Cambios taxonómicos y nomenclaturales. El sistema de clasificación tradicional	44
5.2. Sistema del grupo de estudio filogenético de las angiospermas (APG)	45
5.3. Criterio recomendado	46
6. INTEGRACIÓN Y RELACIONAMIENTO CON OTRAS INICIATIVAS DE ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES EN EL PAÍS.....	46
PARTE III. ACCIONES EN EL TIEMPO.....	50
1. Corto Plazo.....	51
2. Mediano y largo plazo.....	52
2.1. Expansión del número de Parcelas Permanentes, cubriendo sobre todo las formaciones ecológicas en las que no han sido establecidas.....	52
2.2. Producción de manuales de identificación de las especies de árboles.....	52
2.3. Establecimiento de un sistema informatizado que facilite el acceso a la información de Herbarios nacionales (bases de datos y fotografías de especímenes).....	53
2.4. Elaboración de un mapa de estratificación de flora arbórea peruana, que visualice los ámbitos con ensamblajes comunes de especies.....	53
2.5. Capacitación de personal técnico y profesional orientado a Dendrología	53
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	56
ANEXOS	
1. Vacíos de conocimiento de la flora de los bosques húmedos del Perú.....	58
2. Sitios y recursos web relevantes para el estudio de árboles del Perú.....	65
3. Uso de secuencias de ADN en el estudio taxonómico de las plantas.....	68
4. Normatividad sobre colección de especímenes de flora en territorio peruano / normatividad sobre seguridad en el trabajo.....	71

5. Procedimientos, equipos y materiales para la colección y preparación de especímenes Dendrológicos / Colección y preparación de especímenes para estudios de ADN.....	74
6. Formularios para la toma de datos.....	101

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal Sostenible del Perú ante el Cambio Climático (INF), existe un componente significativo de actividades del proyecto que involucran la identificación de especies de árboles, y competen a la botánica forestal, conocida más propiamente como Dendrología.

En varias reuniones previas con participación de profesionales del proyecto INF (MINAM, MINAGRI, FAO), PFSI y otras instituciones, se evidenció la necesidad de reforzar el componente mencionado, por medio del planteamiento de una estrategia que incluyera criterios, procedimientos y acciones a desarrollarse en el corto, mediano y largo plazo con este fin.

El presente documento consolida la propuesta del componente de Dendrología del INF para los siguientes años, trascendiendo la duración del proyecto INF.

Incluye la exposición de varios conceptos previos, que son importantes para poner en un contexto apropiado las actividades y objetivos que se están desarrollando. Adicionalmente, muestra los procedimientos fundamentales para un desarrollo sólido del componente Dendrológico del INF, en el plano técnico-científico.

La visión en el tiempo de estos pormenores, permite también priorizar procedimientos que deben incorporarse en el corto plazo a las acciones del proyecto, y otros que deben ser considerados para momentos ulteriores, incluido el horizonte posterior al desarrollo del proyecto mismo.

PARTE I

CONCEPTOS RELEVANTES

1. DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE LA FLORA PERUANA

El Perú, desde el punto de vista de su contenido de flora forestal, tiene características únicas, que no son comparables con las de otros países, como por ejemplo aquellos del hemisferio norte. Las diferencias son tan grandes, que metodologías y técnicas de trabajo aplicables en éstos no puedan ser extrapoladas a la realidad de nuestro territorio. Esto ha ocasionado que algunas metodologías aplicadas a los temas de botánica forestal, o Dendrología, resulten ser inapropiadas, con consecuencias críticas en el resultado de las actividades forestales y el nivel de desarrollo de éstas.

Varios aspectos deben ser considerados para enmarcar las actividades de esta línea en un contexto apropiado. Se exponen a continuación.

1.1. Dimensión de la diversidad biológica en la flora forestal en el Perú

Nuestro país se caracteriza por una elevada diversidad biológica, que es récord a nivel del planeta. Para casi todos los grupos de organismos vivientes presentes

en territorio peruano, una gran cantidad de especies es el común denominador. Los árboles no son una excepción. De acuerdo a los conteos más recientes, se calcula que el Perú alberga alrededor de 20000 especies de plantas superiores, incluyendo unas 18000 especies ya registradas y catalogadas, y una diferencia correspondiente a especies que aun no son conocidas para la ciencia. Existen unas 6800 especies de árboles nativos, considerando árboles de porte grande y arbolitos pequeños. Tomando en cuenta solamente a los primeros, el número asciende a algo más de 3000 especies (Brako y Zarucchi, 1993; Joppa et al., 2010).

Para muchos grupos taxonómicos de flora arbórea, el número de especies es el más alto del mundo, observándose, además, elevados números de especies endémicas; en la flora arbustiva y de los árboles de pequeño porte se hallan los mayores números de especies (Van der Werff y Consiglio, 2004).

Los niveles de diversidad mencionados superan largamente a aquellos de los países del norte; por ejemplo, Canadá, con cerca de diez veces el área del Perú, tiene unas veinte especies de árboles silvestres; los países de Europa tienen algunas decenas, e incluso los países centroamericanos están lejos del nuestro en el conteo de especies forestales.

1.2. Vacíos de conocimiento de la flora forestal del país

La enorme diversidad de especies existentes en el ámbito de los países andino-amazónicos tales como el Perú, va en paralelo con otra situación. Se trata de lo preliminar del inventario de la diversidad biológica existente. Las dificultades logísticas y la insuficiencia de recursos, aunadas a la situación de megadiversidad antes descrita, quedan traducidas en una prospección precaria

de la diversidad biológica existente en países como Perú, Ecuador y Colombia; en el nuestro hay áreas extensas para las que el inventario de la diversidad biológica no está completamente levantado.

Estudios recientes centrados en esta temática, para los países mencionados, aproximan que un 30% de las especies contenidas en esos territorios no han sido descritas, es decir no han sido incorporadas en el catálogo formal de las especies vivientes, y consecuentemente carecen de nombre científico (Joppa *et al.*, 2010).

Uno de los grupos de plantas con mayores dificultades de estudio son las especies arbóreas, que por su gran tamaño son difíciles de acceder para la colección y examen de las flores y frutos, estructuras tradicionalmente empleadas por los taxónomos en la clasificación de las especies. Para el caso del Perú, un estudio enfocado en este particular revela la existencia de vacíos de conocimiento de la flora arbórea en el territorio de los bosques húmedos del país (Honorio y Reynel, 2010; ver el Anexo 1).

Además de una vasta flora forestal nativa, la presencia de mosaicos de suelos y climas ha permitido la adaptación de muchas especies exóticas, traídas de otras latitudes y continentes, las cuales se han adaptado bien, e inclusive se han asilvestrado, propagándose solas actualmente. La presencia de una extensa flora arbórea cultivada es también una particularidad importante del territorio peruano.

1.3. **Taxonomía e identificación taxonómica**

1.3.1. Taxonomía

La ciencia que se enfoca en la clasificación de los seres vivos es la taxonomía. Los sistemas taxonómicos ordenan a los organismos en categorías jerárquicamente incluyentes. Ejemplos de éstos son las Especies, que son agrupadas en Géneros, y éstos en Familias, Órdenes, Divisiones, Filos (Phylum) y Reinos. Cada una de estas categorías o jerarquías de clasificación es llamada un **Taxón**.

Algunas de las preocupaciones centrales de la taxonomía son la delimitación de los taxones, y el establecimiento de la cercanía o relación de parentesco entre éstos.

1.3.2. Concepto de especie

Entendemos como especies a los grupos de individuos que ostentan características morfológicas distintivas, que los hacen diferentes de otras especies. Esta definición enfocada en los atributos es conocida como concepto morfológico de especie. Adicionalmente, el significado del concepto se refiere también a un conjunto de individuos que tienen la capacidad de reproducirse entre sí, dando como resultado descendencia viable. Esta segunda connotación del término es conocida como el concepto biológico-reproductivo de especie.

En el sentido expresado, el concepto de especie forestal, o especie arbórea, es central en el manejo y la conservación de los recursos forestales. Por ejemplo, la producción de frutos y semillas para plantación o propagación de determinadas especies precisa reconocer aquellas que se desea propagar. Lo propio ocurre en el plano de la conservación, cuando áreas de bosque con sus contenidos de especies deben ser conservadas, para lo cual es necesario identificarlas de manera positiva.

En el plano de la producción forestal, abarcando productos maderables y no maderables, ocurre lo propio, y la identificación positiva de las especies es cada vez más requerida en el contexto de mercados exigentes, que promueven el manejo sostenible de los recursos, es decir el aseguramiento de sus procesos de reproducción y regeneración. El concepto de especie es central para un manejo y conservación apropiados de los recursos forestales.

1.3.3. Nombres Científicos

Los nombres científicos de las especies de plantas, y los pormenores que rigen la nomenclatura de éstas, se encuentran normados por el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (CINB, o en inglés, ICBN, accesible en línea).

El CINB, más allá de contener estándares universalizados para el manejo de la nomenclatura científica, permite asegurar un aspecto importante, que para especie haya asignado solamente un nombre científico válido.

La incorporación de nuevas especies al acervo científico, conforme van siendo detectadas y reportadas, sigue un conjunto de pautas. Comentamos las más saltantes.

- **Uso del sistema binomial de nomenclatura.** Los nombres científicos están constituidos por un binomio, es decir tienen dos términos; el primero alude a la jerarquía de género botánico, y el segundo precisa la especie. Por ejemplo, el nombre científico del árbol *Cedrela odorata* corresponde, como es conocido, a una especie del género botánico *Cedrela*, los árboles de Cedro. La ventaja del sistema binomial, es que sitúa a la especie en la siguiente jerarquía taxonómica, el género botánico, facilitando la comprensión inmediata de la posición taxonómica de ésta. En la literatura técnica forestal, es usual que se utilicen los binomios solamente.

La citación taxonómica completa incluye el nombre del autor o autores originales de la publicación de la especie. En el caso mencionado, el nombre con este término adicional es *Cedrela odorata* L.; el último término es la abreviatura de Linneo, quien fue el primer descriptor de la especie.

- **Establecimiento de un Especimen Tipo.** Una pauta asociada a la descripción de especies nuevas para la ciencia, de acuerdo al Código Internacional de Nomenclatura Botánica (CINB), indica que cada una de ellas debe estar respaldada por un espécimen, conocido con el nombre de *Tipo* o *Tipo Nomenclatural*. Éste debe quedar depositado en un Herbario reconocido por el sistema internacional de Herbarios o depositarios de

colecciones botánicas; éstos siguen pautas específicas para garantizar la perduración y libre acceso a sus colecciones (sitio web de CINB en Anexo 2).

Existe en el presente el sistema de registro de Herbarios internacionalmente reconocidos y aceptados, que recopila los detalles de Herbarios que cumplen con determinados estándares de funcionalidad. El sistema mencionado se encuentra centralizado en el New York Botanical Garden de EE.UU., y mantiene actualizado, en línea en la actualidad, el catálogo internacional de Herbarios reconocidos, llamado Index Herbariorum (el correspondiente sitio web se halla en el Anexo 2).

En la comunidad científica botánica se reconocen los taxónomos llamados especialistas, que dedican su interés y atención, a veces de por vida, al estudio de determinados grupos de organismos, en este caso de Flora. Directorios de aquellos relevantes para los grupos taxonómicos de importancia en el ámbito andino y amazónico están accesibles en el Index Herbariorum y el Directorio de especialistas de la Organización para la Flora Neotrópica, cuyos accesos en línea se detallan en el Anexo 2.

Los Herbarios internacionalmente reconocidos cuentan con una planta de profesionales encargados, especializados en aspectos botánicos y taxonómicos. Ellos son responsables conservar las colecciones existentes, facilitar el acceso de otros estudiosos a éstas, y participar en el sistema de canje y préstamo de especímenes entre instituciones. Actualmente, gran parte del manejo de especímenes tipo se hace por medio de imágenes digitales de alta resolución.

Varios Herbarios nacionales se hallan reconocidos en el Index Herbariorum. Se muestra una lista de ellos en el Anexo 2.

Antaño, la consulta de los especímenes Tipo significaba forzosamente la visita a Herbarios de varios países, implicando costos difíciles de asumir en muchos casos, para un trabajo taxonómico apropiadamente respaldado.

El desarrollo de los medios informáticos en la actualidad, ha permitido un avance trascendental en el acceso a los especímenes Tipo. Fotografías de la más alta resolución de estos especímenes se hallan cada vez más vastamente disponibles en línea, constituyendo una fuente de alta calidad para la consulta libre y la identificación taxonómica. Algunos de los sitios web más relevantes en este sentido para la flora forestal peruana, se muestran en el Anexo 2.

- **Procedimiento de descripción de especies nuevas.** Las especies nuevas son dadas a conocer por primera vez, usualmente en algún seriado científico, siguiendo las pautas del CINB. Este reporte, estructurado como un artículo científico, contiene siempre la descripción detallada de la especie nueva, y el pormenor de las características diferenciales entre ésta y las otras de su grupo.

Adicionalmente, se incluye información detallada sobre el espécimen de referencia que será empleado como el verificador de la identidad de la especie en cualquier comparación futura, y permitirá la auscultación de esa identidad con las herramientas de examen más profundas de las que se dispone actualmente, tales como los estudios de polen, anatomía, y el genoma; este espécimen es llamado *Tipo Nomenclatural*, o simplemente *Tipo*.

1.4. **Identificación taxonómica de las especies**

1.4.1 **Análisis de correspondencia morfológica y a otros niveles**

El estudio morfológico comparativo es la base del proceso de identificación de especímenes Dendrológicos efectuado por Taxónomos. La identificación de las especies de plantas desarrollada en los centros de investigación y desarrollo de la Taxonomía, tales como los Herbarios y sus núcleos científicos asociados, es un proceso que descansa en un conjunto de metodologías, y también de pautas normadas, como aquellas referentes al uso apropiado de la nomenclatura científica. Es saltante que la identificación positiva de las especies, de manera particular en un país megadiverso como el Perú, amerita el uso de las colecciones de referencia existentes en Herbarios, y un manejo de información muy completo.

El proceso se inicia usualmente con el análisis de la morfología de las muestras-problema y comparación de ésta con la de especímenes Tipo del grupo correspondiente. La identificación positiva de las especies requiere lo que se conoce como material completo: especímenes de hojas, flores y frutos.

Este análisis se hace considerando primero la macromorfología, es decir las características morfológicas macroscópicas, fácilmente inspeccionables. En la medida que sea necesario, el análisis prosigue hacia las características micromorfológicas, accesibles con microscopía progresivamente más potente, incluyendo el uso de microscopios ópticos y otros, como el microscopio electrónico. Los estudios taxonómicos más profundos analizan otras líneas de

evidencia para resolver la relación o proximidad entre taxones. Dentro de ellas, está la investigación enfocada en el polen, la anatomía, la ontogenia o estudio del desarrollo de los primordios o estructuras desde su estadio embrional, y la fitoquímica. Recientemente, la secuenciación y estudio del ADN ha cobrado relevancia como una potente herramienta para investigar los problemas centrales de la Taxonomía, como la circunscripción de los taxones y la resolución de sus relaciones de parentesco. Los Anexos 3 y 4 muestran información sobre los conceptos y procedimientos para la toma de muestras y el estudio del ADN.

En la actualidad, los estudios de secuencias del genoma, o ADN, se han constituido en una herramienta poderosa para determinar las relaciones de parentesco entre taxones. En el Anexo 3 se desarrollan los conceptos, criterios y procedimientos que utilizan estos estudios.

1.4.2. Herbarios de referencia

Se precisa disponer de un Herbario bien provisto cuando se desarrolla la labor de identificación. En el caso de las especies arbóreas peruanas, el momento actual es favorable en este sentido, pues luego de varias décadas de trabajo de generaciones de botánicos y Dendrólogos, hay varios Herbarios bien provistos en el territorio nacional. Los más importantes se muestran en el Anexo 2. La disponibilidad de un buen Herbario de referencia, y sobre todo uno que posea colecciones revisadas e identificadas por los especialistas, constituye una pieza crítica en el trabajo de identificación.

1.4.3. Análisis de la bibliografía especializada

El procedimiento de la identificación taxonómica de especímenes botánicos implica el acercamiento de diferentes niveles de referencias bibliográficas. Dentro de éstas se encuentran las descripciones originales de las especies, y otras relacionadas que son de naturaleza diagnóstica. El contenido de esta bibliografía establece las características diferenciales de cada especie en relación a otras de su grupo, o afines. Comentamos los tipos de fuentes bibliográficas relacionadas a continuación.

- **Descripción original o Protólogo.** Se llama descripción original de una especie a la primera descripción formal de ésta, generada bajo las normas aceptadas y estandarizadas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Dicha descripción va asociada al correspondiente espécimen tipo, puesto que la citación explícita de este y su ubicación en un Herbario reconocido es parte de los requerimientos que hacen válido al Protólogo.

Por convención, las descripciones originales han sido redactadas en latín, una lengua muerta, que no se halla en uso cotidiano por una nación o grupo humano determinado. Si bien es cierto el habla en latín es mantenida en determinados grupos, como los religiosos, el contenido de las palabras no está sujeto a cambios en el tiempo, puesto que es remitido a su connotación original, contenida en los diccionarios y tratados de los especialistas en ese campo. La situación es diferente con las lenguas en uso cotidiano en los países del mundo, para las cuales cambios en el significado de las palabras se van dando a lo largo del tiempo, produciendo una

metamorfosis de sus significados. Lo último podría acarrear que las descripciones y observaciones taxonómicas queden desvirtuadas a consecuencia de cambios en el lenguaje. Esta situación fue percibida desde tiempos de Linneo, al sentarse las bases de los Códigos de Nomenclatura, y es la razón por la cual se ha empleado el latín como el lenguaje estándar para el tratamiento descriptivo asociado a la morfología de los seres vivos.

- **Fuentes integradas de registro de nombres científicos de especies (Index).** Los esfuerzos por mantener un registro sistematizado de los nombres de organismos vivientes, y particularmente de plantas, han acompañado al desarrollo de la taxonomía y el estudio de la biodiversidad, desde sus inicios. Hay algunas fuentes bibliográficas integradoras que han acopiado y difundido esta información históricamente, bajo el auspicio de instituciones botánicas de gran prestigio. Las más conocidas son el Index Kewensis, compilado y publicado por el Jardín Botánico de Kew, Londres, y el Gray Herbarium Index, publicado por la Universidad de Harvard; el último está enfocado en especies del nuevo mundo. Actualmente, en la era digital, los esfuerzos mencionados y otros adicionales se hallan establecidos en línea, brindando registros con actualización continua en esta temática. El Anexo 2 muestra los sitios en línea que integran información taxonómica.

- **Revistas científicas especializadas.** Éstas publican los nuevos descubrimientos de especies; cuentan con comités editoriales conformados por profesionales especialistas, Algunos ejemplos de éstas son, en para el caso del Perú, Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, la Revista del Museo de Historia natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Arnaldoa de la Universidad Antenor Orrego de Trujillo, y en otros países, Novon, revista científica del Jardín Botánico de

Missouri, Systematic Botany, y varias otras. Actualmente, el CINB permite la publicación efectiva en línea sin respaldo físico; algunas revistas especializadas en este tipo de publicación son *Phytotaxa* y *Phytokeys*. Desde la fecha que la correspondiente publicación es diseminada de manera efectiva, el nuevo taxón adquiere la categoría de válidamente publicado.

Las descripciones de especies nuevas para la ciencia incluyen el nuevo nombre asignado, conformado por el nombre del género botánico, y el nombre específico, que es seleccionado por el autor. Estos dos términos conforman el llamado binomio (género, especie). En la perspectiva taxonómica, el nombre del autor que describe la especie por primera vez, es también parte del nombre científico y se escribe luego del binomio.

Las descripciones de especies nuevas para la ciencia especifican el Herbario reconocido, en el cual la muestra Tipo ha sido depositada. En muchos casos, y esto es recomendable, duplicados de los tipos son depositados en varios Herbarios distintos.

- **Floras y documentos descriptivos locales.** Otras fuentes bibliográficas empleadas en el proceso de identificación taxonómica de especímenes botánicos son los documentos conocidos como Floras o Flómulas. Estos describen las especies de plantas de determinada localidad o ámbito y contienen observaciones diferenciales sobre las especies.

- Para el caso de la flora peruana, es un referente central la colección de volúmenes de Flora of Peru, obra producida desde el Museo Field de Historia Natural de Chicago (Field Museum of Natural History), liderada y escrita en gran parte por el botánico J. Francis Macbride a partir del año 1909. Esta flora descriptiva, aunque representa un aporte extraordinario al

conocimiento de la flora peruana, no se halla completa, pues varias familias importantes de plantas no han sido tratadas; del mismo modo, por su antigüedad, el tratamiento de varias de las familias o grupos botánicos se encuentra desactualizado, lo cual es fácil de comprender si se considera que la representatividad de la colecciones de plantas peruanas existentes en los Herbarios del mundo era bastante reducida a inicios de los 1900s, y actualmente ha crecido mucho, incluyendo gran cantidad de taxones que no se hallaban representados cuando la obra fue escrita.

- **Revisiones o Monografías Taxonómicas.** La fuente principal de consulta especializada a lo largo del proceso de identificación taxonómica de especímenes botánicos está constituida por una forma particular de literatura especializada, la Revisión o Monografía taxonómica. Este tipo de publicación es realizada por especialistas en un grupo taxonómico determinado; revisa toda la literatura existente sobre ese grupo, e integra la visión sistemática del grupo, enfocada en su clasificación, con los pormenores nomenclaturales en cada caso. Las monografías taxonómicas aclaran el uso correcto de cada uno de los nombres científicos relacionados al grupo, la situación de los tipos nomenclaturales involucrados, la delimitación y las características diagnósticas de las especies, y los avances en el estudio de sus caracteres diferenciales.

Las líneas de evidencia empleadas para resolver la delimitación y las afinidades de las especies han estado basadas en tiempos recientes en el estudio anatómico a diferentes niveles, los estudios de polen, ontogenia, fitoquímica, ecología, biología de la reproducción, morfología de los estadíos iniciales, etc. Actualmente, las herramientas de estudio e

inspección del genoma proporcionan una nueva línea de evidencia que da luces sobre las afinidades de las especies y sus grupos.

Las principales monografías taxonómicas enfocadas en la flora del neotrópico son actualmente publicadas por la Organización para la Flora Neotrópica y varias otras fuentes que se muestran en el Anexo 2.

1.5. Dendrología

En las plantas superiores, se distinguen las partes reproductivas, flores y frutos, pero también estructuras que no se hallan asociadas a la reproducción; éstas son llamadas vegetativas. Dentro de las más importantes se encuentran la arquitectura misma del árbol, la morfología de su corteza, comprendiendo la corteza externa e interna, la de las ramitas terminales, y la de las hojas. La Dendrología centra una atención especial a ellas, que se encuentran presentes en cualquier momento del año, a diferencia de las estructuras reproductivas, que son efímeras y muchas veces se despliegan por cortos lapsos.

El desarrollo de estudios y entrenamientos Dendrológicos apropiados puede resolver la existencia de características vegetativas diferenciales de las especies, encontrando correlaciones consistentes entre determinadas características fácilmente accesibles en el campo, como tipologías de cortezas, secreciones, hojas y sus patrones de nervación, etc. que permiten la identificación de especies en el campo. Esta modalidad de trabajo, no obstante, se desarrolla abarcando grupos seleccionados de especies, y es válida en un ámbito geográfico dado. Pese a los avances actuales en estudios Dendrológicos en el país, ellos han cubierto solamente una fracción pequeña de la megadiversidad forestal existente.

Si bien es cierto la magnitud de la flora forestal del país es enorme, y dista mucho de ser cubierta en la perspectiva de la Dendrología, varios manuales de identificación para los árboles del Perú se hallan actualmente disponibles (Cáceres y Reynel, 2010; Gentry, 1996; Kroll y Marmillod, 1992; Reynel, 1988, 2012; Reynel y León, 1989, 1990; Reynel y Pennington, 1997; Reynel et al., 2003, 2004, 2007, 2010,)

PARTE II

ESTRATEGIA DEL COMPONENTE DE DENDROLOGIA DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

1. CRITERIOS ENFATIZADOS

Los criterios que se proponen a continuación son claves para el desarrollo del componente de Dendrología del INF. Se desarrollan en detalle en la tercera Parte de este documento.

1. **Trazabilidad de nombres comunes y científicos.** Se documenta el origen geográfico, la persona o fuente de la cual procede cada nombre, común o científico, y el contexto en el cual fue recogido.
2. **Los nombres científicos de las especies están asociados a un espécimen.** La resolución de las identidades de las especies es efectuada por medio de la colección de especímenes botánicos o Dendrológicos.
3. **Trazabilidad de los especímenes generados.** Los especímenes colectados son trazables en cualquier momento del tiempo.
4. **Énfasis en el establecimiento de Parcelas Permanentes con árboles marcados.** Se enfatiza esta metodología que asegura la identificación positiva de las especies.
5. **Acopio e integración de metadatos.** La información asociada a especímenes y nombres incluye metadatos, que acrecientan la posibilidad de una identificación positiva. Adicionalmente, aseguran una procedencia documentada de cada pieza de información.
6. **Relacionamiento e integración de la información con otras fuentes e iniciativas a nivel nacional.** Varias instituciones e iniciativas están expandiendo el número de Parcelas Permanentes en el Perú. Deben ser relacionadas entre sí e integradas al INF.

2. PROCEDIMIENTOS A INCORPORAR

TRAZABILIDAD DE NOMBRES E IDENTIFICACIONES

Los especímenes o muestras botánicas, que para el caso de árboles llamamos especímenes Dendrológicos, pueden ser de diferentes calidades en la perspectiva de una identificación positiva a nivel de especie.

Dado que los taxónomos se enfocan en las características reproductivas de los árboles para la delimitación de las especies, ese trabajo de identificación Taxonómica necesita primariamente la disponibilidad de flores y frutos para el análisis de correspondencia morfológica; un espécimen que posee estas estructuras se conoce también como un *especimen completo o muestra completa*.

La obtención de especímenes completos de árboles requiere un trabajo planificado, dado que las flores y los frutos son producidos por la planta secuencialmente en el tiempo, y normalmente en episodios de corta duración a lo largo del año. Por ello, se precisa requiere marcar los árboles individuales y efectuar un monitoreo continuado en el tiempo para obtener muestras de hojas, flores y frutos.

En el contexto del trabajo de Dendrología del INF, se reconoce que la información sobre la identidad de las especies arbóreas es producida bajo diferentes niveles de

certeza, dependiendo del respaldo de especímenes Dendrológicos existentes y su calidad.

La estrategia de trabajo Dendrológico del INF prioriza las metodologías que permiten la obtención de identificaciones taxonómicas positivas, basadas en especímenes Dendrológicos completos.

NIVEL 1. IDENTIDADES REFERIDAS A NOMBRES COMUNES DE LOS ÁRBOLES, PROPORCIONADOS POR MATEROS O PERSONAS LOCALES SIN RESPALDO DE ESPECÍMENES DENDROLÓGICOS.

Este constituye un primer nivel de referencia sobre las identidades de los árboles inventariados. Fue muy usado en el pasado, como modalidad en los inventarios forestales de árboles maderables.

Es preciso comprender que los nombres comunes de los árboles normalmente no poseen precisión a nivel de especie, y carecen de los otros atributos de universalidad y certeza característicos de los nombres normados. Son referencias que, salvo cuando respaldadas por estudios Taxonómicos o Dendrológicos apropiados, constituyen solamente un indicio de la identidad de una especie.

La interpretación del significado de un nombre común en la perspectiva taxonómica puede ser muy difícil si éste ha sido recogido en un ambiente megadiverso como el de los bosques húmedos de la amazonía.

Varios aspectos deben ser analizados y apropiadamente documentados para comprender a los nombres comunes. Mencionamos algunos de ellas:

- **Megadiversidad Biológica del Perú.** En el Perú existen ambientes poco diversos, como muchos bosques secos, hasta los megadiversos bosques húmedos amazónicos. Unas 6800 especies de árboles han sido registradas en el país, entre aquellos de gran porte y arbolitos.

- **La diversidad de grupos humanos existentes en los territorios forestales del Perú.** Solamente en la amazonía peruana, habitan alrededor de cincuenta grupos etnolingüísticos nativos, con sus correspondientes vocablos para nombrar las especies arbóreas de su entorno. Esto contribuye a la existencia de muchos términos de diferente procedencia en el lenguaje utilizado localmente para denominar a las plantas.
 - **La heterogeneidad en los niveles de conocimiento por parte de las personas que proporcionan los nombres.** En este plano, hay que considerar aspectos como el nivel de experiencia y entrenamiento. También, la fuente desde la cual se aprendieron los nombres, por ejemplo los miembros familiares de mayor edad, asentados en el mismo lugar geográfico, o personas que procedían de otros lugares. En el caso de los materos, o técnicos especializados en el reconocimiento de árboles en la amazonía peruana, el nivel de conocimiento puede ser heterogéneo, y normalmente se halla restringido a la capacidad de reconocimiento de los principales árboles maderables en un ámbito dado.

NIVEL 2. COLECCIONES DENDROLÓGICAS INCOMPLETAS, OBTENIDAS DESDE ÁRBOLES NO MARCADOS O MONITOREADOS (COLECCIONES FUGACES).

Bajo esta categoría se encuentran las colecciones Dendrológicas obtenidas desde evaluaciones rápidas, o entradas al campo que, por su duración y recursos, no permiten emplear la metodología de marcado y monitoreo de los árboles. Mediante esta modalidad los especímenes completos no son abundantes, y por ello un porcentaje elevado de ese material podría ser identificado solamente a nivel de género o familia botánica. No obstante, el respaldo de especímenes es ya un gran avance, pues en varios casos los especialistas en la taxonomía de determinados grupos pueden identificarlos. Adicionalmente, si se les colecta mediante técnicas apropiadas es posible que herramientas avanzadas, como la secuenciación de ADN, permitan en una fase futura identificaciones positivas de esos mismos especímenes. Las herramientas mencionadas no están aun generalizadas en el Perú, pero es de esperar que se consoliden en el curso de los próximos años.

NIVEL 3. COLECCIÓN DENDROLÓGICA BASADA EN ÁRBOLES MARCADOS Y PARCELAS PERMANENTES

Esta metodología asegura varios aspectos que tienen que ver con la calidad de los especímenes Dendrológicos obtenidos:

- La obtención de especímenes Dendrológicos completos queda asegurada en el tiempo, dado que al trabajar con árboles marcados, ubicables en un área apropiadamente definida y delimitada, se hace posible la visita reiterada a éstos y la obtención progresiva de especímenes con hojas, flores y frutos. Adicionalmente, se facilita una mejor organización del trabajo de colección en el tiempo, dado que se sitúa a todos los árboles a coleccionar en un área relativamente pequeña, en la cual el acceso a cada árbol individual queda referenciado en detalle. Esto, normalmente, permite la obtención cuidadosa de especímenes, los cuales resultan de una calidad superior para el trabajo de identificación taxonómica.
- También, esta metodología permite la obtención de material adicional, que puede relacionarse claramente con especímenes Dendrológicos trazables, depositados en un Herbario en particular, e identificaciones taxonómicas positivas. Se puede mencionar como ejemplos de esto, muestras para estudios de ADN desde hojas y cambium, material para estudios anatómicos, ontogenéticos, etc.

ASEGURAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE NOMBRES COMUNES Y NOMBRES CIENTÍFICOS

Nombres Comunes

En el marco del Proyecto de INF, el procedimiento propuesto para asegurar la trazabilidad de Nombres Comunes es el registro de éstos en el campo, asociados a especímenes Dendrológicos, y el establecimiento de una cadena de custodia de esta información desde que es recogida hasta su entrega en la Sede Central del Proyecto de INF.

La acción mencionada involucra la participación del Profesional Dendrólogo responsable en campo, el cual registra la información necesaria en un formulario, y un Profesional designado en la Sede Central del Proyecto INF quien hace recepción del formulario con la información. En el Anexo 6 se encuentra el correspondiente **Formulario 1:** Registro de Nombres Comunes, Personal de Campo y Caracterización de árboles colectados.

Adicionalmente al formulario mencionado, el **Formulario 2:** información sobre materos o personal que proporciona los Nombres Comunes de los árboles, enriquece los metadatos necesarios para una interpretación precisa de los Nombres Comunes recogidos en el campo.

Nombres Científicos

La trazabilidad de las identificaciones taxonómicas de especímenes Dendrológicos en Herbario se realiza mediante el mismo criterio. Los especímenes colectados son preparados y trasladados al Herbario de depósito por el Dendrólogo responsable en campo. Éste obtiene una constancia de depósito en el Herbario, la cual es alcanzada al Profesional designado en la Sede Central del Proyecto INF, quien hace recepción del formulario con la información. En el Anexo 6 se encuentra el correspondiente **Formulario 3:** Información sobre depósito de especímenes Dendrológicos y sus identificaciones taxonómicas en Herbario.

2.3. TRAZABILIDAD DE LOS ESPECIMENES DENDROLÓGICOS

2.3.1. Valor e importancia de los especímenes Dendrológicos

Los especímenes Dendrológicos constituyen un material cuyo enorme valor debe ser apropiadamente aquilatado. Su cuidado, conservación y puesta en acceso para quienes necesiten estudiarlos es una prioridad. No se trata de material carente de significado o desechable. Es preciso recordar el valor económico y científico de los especímenes botánicos, y la naturaleza única que éstos pueden tener.

En el sentido mencionado, deben tenerse en consideración los puntos siguientes, que confieren un valor y significado especial a los especímenes botánicos obtenidos de especies arbóreas en bosques tropicales.

- **Son el resultado de una inversión económica significativa.** Dado que los árboles son plantas de gran porte, se requiere la participación de un equipo de personas, dentro de las cuales hay personal profesional y especializado. Por ello, el costo de operación de una brigada de colección Dendrológica por varios días en el campo es considerable.
- **El trabajo de colección implica muchas veces el ingreso a localizaciones remotas,** hacia las cuales se requieren gastos especiales de logística, y la conjunción de oportunidades de prospección en éstas puede ser única o no repetirse por mucho tiempo.

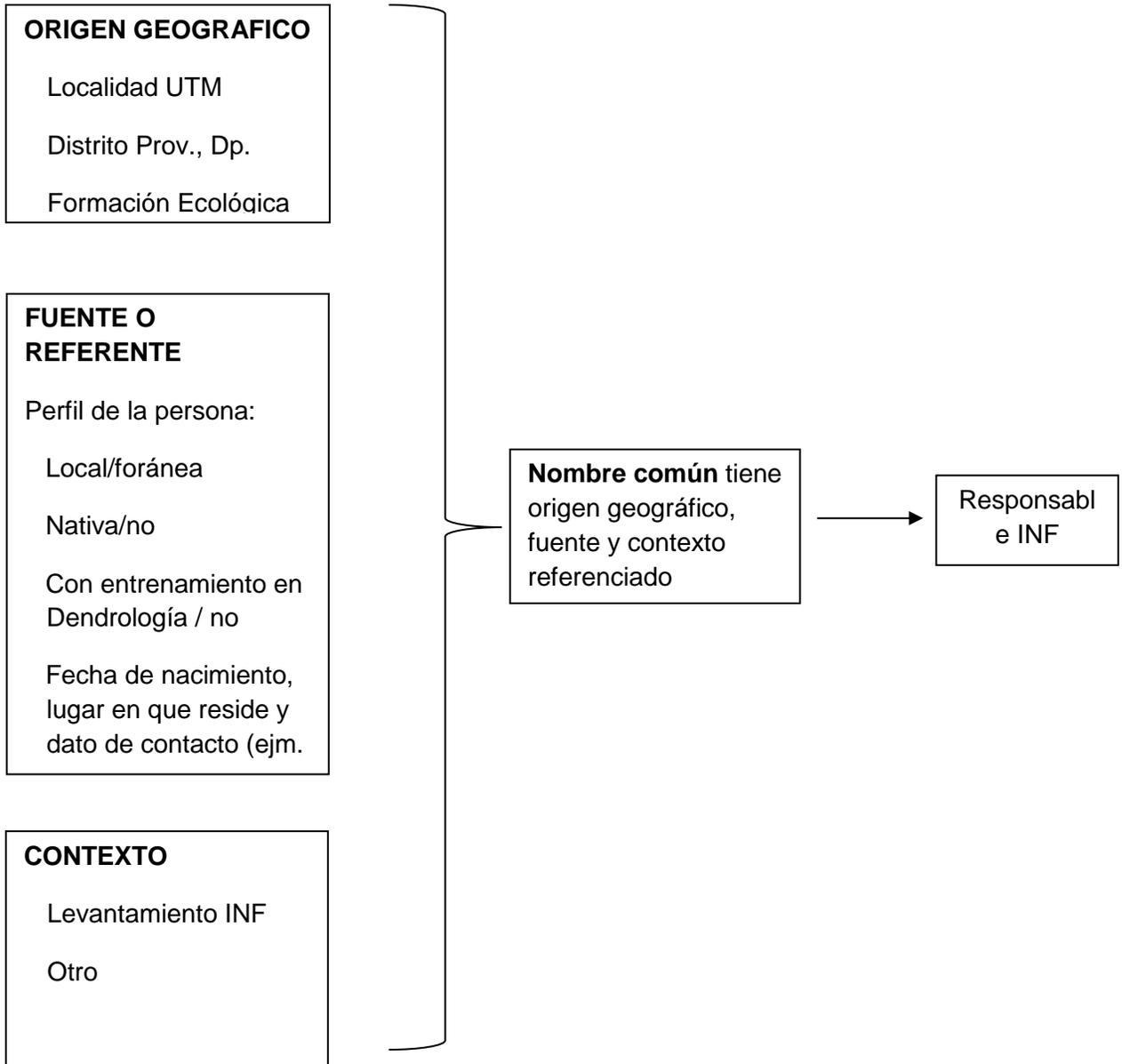
- **La colección Dendrológica se realiza desde la copa de los árboles;** involucra esfuerzos físicos y riesgos especiales. Las acciones relacionadas a la escalada de los árboles ameritan capacidades físicas particulares, y personal especialmente entrenado para poder desarrollar ese trabajo.
- **Los especímenes Dendrológicos proceden del trabajo en ambientes muchas veces adversos,** en los cuales los riesgos para la salud son altos. El personal que realiza labores de colección en el interior distante de bosques húmedos tropicales, se encuentra expuesto a animales venenosos, terrenos inhóspitos, y un entorno con alta presencia de patógenos y enfermedades, algunas de las cuales pueden ser graves.
- **Estos especímenes pueden representar especies únicas o poco conocidas.** En muchos casos, en un país megadiverso como el Perú, con notorios vacíos de prospección y conocimiento, y con una diversidad biológica conocida sólo fragmentariamente, de las cuales hay limitada representación en muestrarios y Herbarios, los especímenes colectados pueden pertenecer a especies poco conocidas, e inclusive nuevas, que deben ser descritas e incorporadas en el registro de los organismos vivientes catalogados por la ciencia.

Todo lo mencionado evidencia la importancia de conservar apropiadamente, y mantener funcionales para su uso, los especímenes Dendrológicos que ya han sido obtenidos a lo largo de campañas de trabajo, bajo el objetivo central de facilitar la

identificación taxonómica de las especies bajo estudio. Constituyen material con un valor económico y científico muy grande, producto del esfuerzo de muchas personas que los obtienen en circunstancias muchas veces adversas. Desde el punto de vista de su valor científico, pueden ser del más alto valor, e irremplazables.

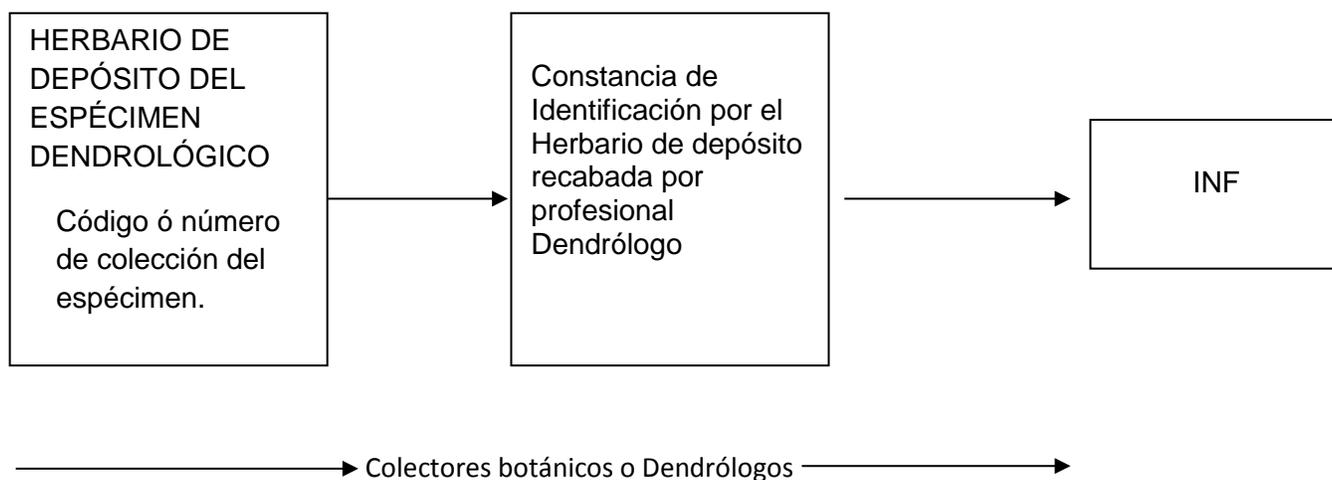
El Proyecto de Inventario Nacional Forestal cuenta con un sistema de trazabilidad que asegura que cada espécimen colectado pueda ser ubicado en el correspondiente Herbario de depósito. Adicionalmente, el INF incorpora dentro de su procedimiento el fotografiado digital de todos los especímenes producidos, lo cual añade un respaldo de imágenes digitales a las colecciones existentes en físico.

Trazabilidad de Nombres Comunes (Formularios 1 y 2, Anexo 6)



————— Colectores botánicos o Dendrólogos —————>

Trazabilidad de Nombres Científicos (Formulario 3, Anexo 6)



2.3.2. Trazabilidad de especímenes

Geoposicionamiento de los árboles

Un primer paso para la apropiada obtención de muestras Dendrológicas que permitan una identificación positiva de las especies, así como para documentar su distribución y ecología, es el posicionamiento en detalle y marcado de los árboles colectados. El apropiado geoposicionamiento debe hacerse mediante el uso de equipos GPS suficientemente precisos.

Es necesario complementar la información referente al posicionamiento geográfico del árbol con metadatos sobre características del terreno o la vegetación que sean notorias, así como una foto contextual del lugar donde se ubica, que pueda servir como referencia de su ubicación.

Marcado y elaboración de mapas de ubicación de los árboles

Un marcado perdurable de los árboles en el campo permite la obtención secuencial de especímenes Dendrológicos completos, que son la base para una identificación positiva de las especies.

Se ha empleado distintas metodologías para el marcado de árboles en ambientes de bosques tropicales. En todos los casos el marcado requiere un mantenimiento cada cierto tiempo. Las principales formas de marcado son el pintado de la numeración en los árboles, y el placado. La primera no es tan perdurable como el placado, y requiere un mantenimiento frecuente, por lo cual no es recomendable en el contexto del INF.

El placado se efectúa con placas de aluminio que son clavadas en el tronco de los árboles. Las dimensiones aproximadas de las placas son 5 x 3 cm (rectangulares). Son confeccionadas con aluminio de 1-2 mm de espesor, lo cual permite que el marcado de los números o códigos en la placa sea hecho directamente con un punzón, sin necesidad de emplear pinturas o marcas de tinta, las cuales se deterioran y pierden rápidamente en el ambiente lluvioso de bosques como los de la Amazonía. Las placas poseen un agujero pequeño u ojal en un extremo, que permite clavarlas directamente sobre el tronco del árbol. Los clavos que deben emplearse con este fin son clavos estándar de acero o aluminio de 5-7 cm de longitud. Una de las ventajas de este sistema es que el mantenimiento de las placas, consistente en el reemplazo de aquellas que pudiesen haberse desprendido o deteriorado, puede hacerse en lapsos relativamente largos, entre 3-5 años, lo cual disminuye su costo.

Adicionalmente al marcado de los árboles mediante el placado, es necesario el registro de su posicionamiento geográfico. En el caso de Parcelas Permanentes, es parte del procedimiento de establecimiento de éstas, elaborar un diagrama de posicionamiento relativo de los árboles al interior de las diferentes subparcelas que conforman cada PP

Colección y toma de datos de campo

La colección de especímenes Dendrológicos se efectúa mediante los procedimientos y consideraciones descritos en el Anexo 5.

Tan valiosos como los especímenes son los datos tomados en el campo, que informan sobre características que no forman parte del espécimen colectado (ej. cortezas, secreciones), e información contextual. Al interior de una Parcela Permanente cada árbol tiene un código que integra toda la información obtenida de ese mismo individuo. En el Anexo 6 se muestra el **Formulario 1**, empleado para el registro de características Dendrológicas diagnósticas de las especies arbóreas.

Para los especímenes Dendrológicos procedentes de árboles no marcados, el código está conformado por el nombre del colector y su número correlativo de colección. Para el caso de árboles marcados se emplea una expresión de varios términos, que consignan el ámbito, la localización geográfica, el número de la Parcela Permanente, y el número correlativo del árbol dentro de la parcela.

La codificación de cada espécimen Dendrológico es verificada al pie del árbol. En la ficha de toma de datos de campo, se consigna el mismo código; una tarjeta pequeña con el mismo es atada al espécimen Dendrológico, y previene que vaya a producirse una confusión de la información recogida.

Tanto el material vegetal colectado, así como la información recabada y fotografías digitales del árbol y los especímenes, quedan relacionadas entre sí por medio del código correspondiente.

Traslado de especímenes de la localidad de colección al campamento base

Luego que la brigada de colección Dendrológica termina su día de trabajo, retorna de la localización de trabajo al campamento base, donde verifica y lista el

número de especímenes y sus códigos. En este momento se efectúa también la preservación del material vegetal, de acuerdo a los procedimientos indicados en el Anexo 5, preparándolo para su traslado a la sede en ciudad.

Traslado de especímenes del campamento base a la sede en ciudad o al Herbario

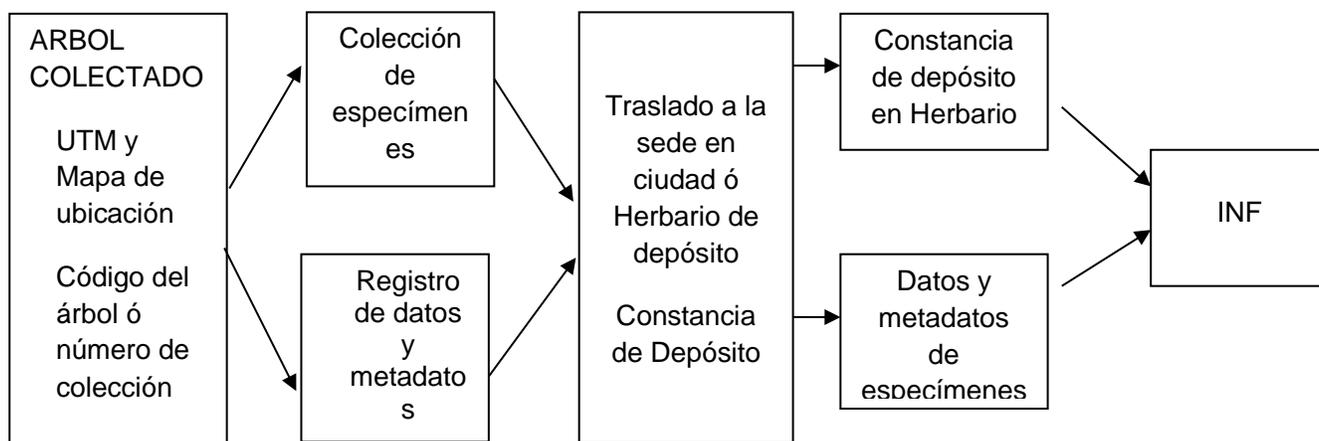
Una vez terminada la estadía en el campo, la brigada de Dendrología se dirige a la sede del Proyecto en ciudad, o directamente al Herbario en el que quedarán depositados los especímenes colectados. La entrega / recepción de los especímenes y de toda la información asociada se efectúa entonces. Ésta es documentada mediante una constancia de recepción emitida por la Sede en Ciudad o Herbario correspondiente.

ASEGURAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE ESPECÍMENES

El Profesional Dendrólogo de campo es encargado de coleccionar los especímenes, prepararlos y trasladarlos al Herbario. Obtiene una constancia de depósito de los especímenes en el Herbario, la cual es alcanzada al Profesional designado en la Sede Central del Proyecto INF, quien hace recepción del formulario con la información. En el Anexo 6 se encuentra el correspondiente **Formulario 3: Información sobre depósito de especímenes Dendrológicos y sus identificaciones taxonómicas en Herbario.**

TRAZABILIDAD DE ESPECÍMENES

(Formularios 1 y 3, Anexo 6)



Colectores botánicos ó Dendrólogos

3. PARCELAS PERMANENTES COMO EJE DEL COMPONENTE DE DENDROLOGIA

Las Parcelas Permanentes (PP) son áreas de bosque escogidas y delimitadas para facilitar acciones de colección secuencial de especímenes Dendrológicos y el estudio de varios aspectos de la ecología y funcionamiento del bosque. Más allá de aspectos Dendrológicos, las PP permiten, adicionalmente, la investigación sobre otros aspectos como la ecología, la dinámica y las relaciones entre el bosque y la atmósfera.

En la perspectiva Dendrológica, las PP permanentes facilitan la obtención de material de hojas, flores y frutos, es decir especímenes Dendrológicos completos, a lo largo del tiempo, asegurando identificaciones taxonómicas positivas de las especies. Se prestan también para ser utilizadas como espacios de capacitación, dado que la identidad taxonómica de los árboles se va resolviendo de una manera progresiva a lo largo del tiempo.

En el marco del proyecto de INF, se ha considerado el establecimiento de un conjunto de PP en varios ámbitos forestales del país. Estas parcelas son un eje fundamental para el trabajo Dendrológico. Debe integrarse apropiadamente la información sobre la ubicación geográfica, los códigos de los árboles existentes, y los metadatos de utilidad en Dendrología.

4. REGISTRO E INTEGRACION DE METADATOS

4.1. Metadatos y su importancia en la identificación taxonómica

El término Metadata (un anglicismo inapropiado) o Metadato (expresión correcta en español), es empleado en la actualidad para referirse al concepto de “datos sobre los datos”, en el contexto del acopio de información empleando sistemas informatizados.

En la perspectiva de la identificación taxonómica de los árboles del Perú, la existencia de metadatos permite la construcción progresiva de un cuerpo de información, que refuerza la posibilidad de una resolución positiva de las identificaciones de las especies, o inclusive hace posible una identificación que en carencia de metadatos no sería posible. De manera particular, los botánicos especializados en la identificación de estas especies han evidenciado en años recientes que la información sobre algunas características de campo de las plantas, como la presencia de secreciones, olores en la corteza, tipología de la corteza externa e interna, pueden proveer indicios diagnósticos de importancia crítica (Gentry, 1996). El criterio de Metadatos propone la integración y enlace progresivo de toda la información que se va generando, en este caso concreto, sobre cada árbol estudiado. Esto permite una acumulación gradual de información en el tiempo, incluyendo ubicaciones geográficas, códigos, caracteres de campo, fotografías, fechas en las que se han realizado las acciones de campo, así como los nombres y hojas de vida del personal participante. Adicionalmente, una vez que los especímenes Dendrológicos ingresan al

Herbario y se van produciendo avances en su identificación, se incorpora también el registro de los metadatos asociados a los procesos de identificación que se desarrollan en el Herbario, incluyendo los nombres de los taxónomos que han efectuado las identificaciones, además de los cambios en la nomenclatura y sus fuentes. Todo este acervo queda sistematizado y accesible progresivamente en el tiempo.

Los siguientes datos deben ser incorporados en el sistema de Metadatos concernientes al componente de Dendrología del INF: código del árbol y número de colección, su ubicación geográfica, sus caracteres de campo, la fecha de colección, los nombres completos de los participantes en el proceso de colección Dendrológica, datos para contactarlos si fuese necesario, la fecha de despacho y arribo del material al Laboratorio o Herbario donde se encuentran depositados, los nombres de los profesionales que han realizado las identificaciones y las fechas de éstas, y el registro fotográfico correspondiente. Todos los metadatos quedan enlazados mediante el código de colección y/o código del árbol (**Anexo 6, Formularios 1-3**).

En el ejemplo mencionado, tomas de datos o especímenes posteriores obtenidas desde el mismo árbol, incluyendo cortezas, madera, hojas, flores, frutos, semillas, ADN, etc., deben seguir un criterio similar de incorporación de toda la información correspondiente, de modo que la base de datos disponible, incluyendo registros y fotografías en diferentes momentos del año y estadios fenológicos sea completada progresivamente y se mantenga disponible en un sistema informatizado.

4.2. Protección del acceso y responsabilidad sobre las Bases de Datos

Los procedimientos de trazabilidad y acopio de metadatos mencionados, implican el manejo de un acervo extenso de piezas de información que son integradas en el sistema informático.

Dada la complejidad en el manejo de los nombres comunes y científicos, el sentido de la información existente en la Base de Datos puede ser fácilmente distorsionado si se extrae de contexto y sin los criterios apropiados. Por ello, el acceso a realizar cambios en éstos queda reservado a un número reducido de personas seleccionadas por el proyecto de INF, y designadas para esta finalidad.

4.3. Monitoreo de los datos y sus tendencias en el tiempo

Del mismo modo, los procedimientos indicados y su avance en el tiempo deben ser monitoreados para retroalimentar las actividades de campo desarrolladas por el INF. Al menos trimestralmente, debe evaluarse el avance en el enriquecimiento de las bases de datos y metadatos, y debe mantenerse una comunicación estrecha entre los manejadores de éstas y el personal que las está nutriendo de información obtenida directamente. Es deseable que estos avances sean también interpretados y revisados periódicamente por un Dendrólogo experto.

5. CRITERIOS RECOMENDADOS ANTE CAMBIOS NOMENCLATURALES Y EN LOS SISTEMAS DE CLASIFICACION TAXONÓMICA

5.1. Cambios taxonómicos y nomenclaturales. El sistema de clasificación tradicional

Uno de los problemas actuales con que tropiezan quienes manejan bases de datos e información taxonómica, es el cambio constante en la posición de las especies y grupos como géneros, familias y órdenes botánicos. Esta situación se ha exacerbado en los años inmediatos recientes. Como vamos a exponer a continuación, en muchos casos es resultado de los avances producidos al encontrar nuevas evidencias de afinidad o relaciones entre grupos taxonómicos a través de los estudios del genoma o ADN.

Desde los albores de la moderna taxonomía, en tiempos de Linneo, una de las preocupaciones centrales de ésta ha sido la construcción de sistemas de clasificación que reflejen, de la manera más certera, la delimitación de cada grupo taxonómico y las afinidades existentes entre éstos.

El conocimiento de las especies y de los grupos de especies se aclara y se ve enriquecido conforme líneas de evidencia aportan información sobre sus límites y sus

relaciones. Varias líneas de evidencia han sido empleadas por los taxónomos en las últimas décadas, complementando el estudio de la macromorfología de las plantas. Los conceptos y procedimientos relacionados a los estudios de ADN se desarrollan en los Anexos 3 y 5 de este documento.

Durante las décadas previas al uso de ADN como herramienta en los estudios Taxonómicos de las plantas, los sistemas de clasificación se mantuvieron bastante estables, teniendo reacomodos a ritmos muy lentos. Durante este período, se generalizó el sistema conceptualizado y difundido por el botánico norteamericano Arthur Cronquist. Este sistema es actualmente conocido en la comunidad botánica internacional como el “sistema de clasificación tradicional” (Cronquist, 1981), y con pocas variaciones, es el empleado por el *Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú* (Brako y Zarucchi, 1993).

5.2. Sistema del grupo de estudio filogenético de las angiospermas (APG)

Los rápidos cambios sucedidos como consecuencia del estudio del ADN en las plantas, han afectado mayormente la posición de taxones como los Órdenes y Familias taxonómicas. Son actualmente centralizados y recopilados por un consorcio internacional de taxónomos, llamado el Grupo de Investigación de la Filogenia de las Angiospermas, o por sus siglas en inglés, APG (Angiosperm Phylogeny Group). Éste posee un sitio web, que se muestra en el Anexo2, en el cual se difunden los cambios que se van efectuando a raíz de la investigación en esta línea.

5.3. Criterio recomendado

Dado que los cambios en la posición taxonómica de los grupos botánicos se están produciendo con gran rapidez, y que por ello vivimos un momento de gran inestabilidad en los nombres y posiciones de los grupos taxonómicos, el incorporar de inmediato éstos podría llevar al desconcierto en varios niveles, sobre todo en los usuarios del sistema que no tienen como línea de especialización la Taxonomía.

Por las razones mencionadas, la recomendación es mantener el uso del sistema tradicional en las bases de datos, y manejar, aparte de éstas, una Tabla Maestra que compile todos los cambios Taxonómicos que se produzcan y los actualice permanentemente. De este modo, los cambios quedarán accesibles y podrán incorporarse en los casos en que ello se justifique.

6. INTEGRACIÓN Y RELACIONAMIENTO CON OTRAS INICIATIVAS DE ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES (PP) EN EL PAÍS

En el Perú existe actualmente un conjunto de Parcelas Permanentes establecidas bajo diferentes iniciativas, en avance continuo. Esto constituye un recurso de información y sustento en el trabajo Dendrológico que no debe ser pasado por alto. Más aun, cuando las metodologías empleadas para dichos establecimientos están debidamente concordadas y validadas.

El relacionamiento con las instituciones u organizaciones que manejan esta información, y el establecimiento de canales para el acceso a esta información, es un objetivo al mediano y largo plazo del componente Dendrológico del INF.

Dada la complejidad y nivel de especialización requerido para el manejo de esta información, el liderazgo en este trabajo de integración podrá ser asumido por cualquiera de las instituciones con capacidades apropiadas. El aglutinamiento de estas instituciones es promovido por el INF, como parte de su estrategia de desarrollo del componente Dendrológico.

El trabajo Dendrológico relacionado a la metodología de Parcelas Permanentes no es una novedad en el Perú. En realidad, los esfuerzos más visibles por consolidar esta metodología se remontan a los años 1970s, e inclusive anteriores.

- **Parcelas Permanentes y Arboretum de Jenaro Herrera IIAP**

El más conocido, por la continuidad con la cual ha desarrollado el concepto, es el desplegado en las PP que constituyen el Arboretum del Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera del IIAP, y sus 15 PP parcelas asociadas. El mencionado Arboretum cuenta en el momento presente con 8 PP de una hectárea cada una, donde más de 4000 árboles mayores a 10 cm de diámetro (DAP) han sido marcados y colectados. Este establecimiento ha permitido, en el tiempo, la identificación positiva de todos los árboles emplazados en el Arboretum, totalizando 603 especies (Dra. E. Honorio, IIAP, com. pers. oct. 2014); el tratamiento botánico-descriptivo de la flora del Arboretum ha sido publicado en dos volúmenes (Spichiger et al., 1989, 1990). Adicionalmente, ha permitido completar y difundir investigaciones sobre aspectos relacionados, como la fenología de las especies existentes en el Arboretum, el catálogo comentado de los nombres comunes empleados por materos y personas

locales para denominar los árboles allí presentes, e investigaciones ecológicas y silviculturales varias.

- **Parcelas Permanentes del Programa RAINFOR**

El programa RAINFOR, un consorcio que aglutina más de una decena de instituciones y organizaciones de varios países, viene estableciendo desde los años 80s una red de parcelas en la cuenca de la amazonía. La cobertura actual de esta red es amplia, y posee 802 PP establecidas en 9 países de Suramérica, y 107 PP en territorio peruano (Dra. E. Honorio, IIAP / RAINFOR, com. pers. oct. 2014). Incidentalmente, éstas han sido, entre otros aspectos, la base para las primeras cuantificaciones del efecto de sumidero de carbono de los bosques tropicales, y muchos de los datos actualmente usados sobre este particular, proceden de esta iniciativa (Phillips y Baker, 2002; Mahli y Phillips, 2004; Phillips et al., 2004).

- **Parcelas Permanentes del Jardín Botánico de Missouri (MOBOT)**

El Jardín Botánico de Missouri ha venido desplegando, también, esfuerzos en el sentido mencionado. Una red con más de quince PP han sido establecidas por el MOBOT, mayormente en los bosques de los departamentos de Loreto, Pasco y Cuzco. Parte de esta información es publicada de forma mancomunada con la iniciativa RAINFOR (Vásquez y Phillips, 2000).

- **Parcelas Permanentes en Bosques Montanos y Premontanos UNALM-APRODES**

A partir del año 2005, el herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, en conjunción con la Organización no Gubernamental APRODES, Asociación peruana para la Promoción del desarrollo Sostenible, inició el establecimiento de una red de Parcelas Permanentes en la gradiente altitudinal que comprende los páramos, bosques montanos, premontanos y de llanura en el itinerario La Merced-Satipo. Al presente, un total de 12 PP de 1 ha se han establecido en este ámbito; al interior de ellas existen unos 7000 árboles marcado e identificados.

En las pesquisas mencionadas, han jugado un papel importante las áreas de bosque natural existentes en la Concesión Privada para la Conservación del Bosque Puyu Sacha – APRODES, y en las Estaciones de Investigación (Institutos Regionales de Desarrollo) de la UNALM de San Ramón (IRD Fundo La Génova) y Satipo (IRD Fundo Santa Teresa). Información correspondiente a las investigaciones allí desarrolladas se ha ido publicando en los años inmediatos pasados (Antón y Reynel, 2004; Aguilar y Reynel, 2009; Palacios y Reynel, 2011, Reynel, 2012).

PARTE III

ACCIONES EN EL TIEMPO

El encuadre de las acciones que se mencionan a continuación en el corto, mediano y largo plazo, se sintetiza en la Tabla que acompaña este acápite.

1. Corto plazo

En el corto plazo, el presente documento considera necesaria la incorporación de los procedimientos para la trazabilidad de nombres comunes, nombres y científicos, y el acopio regular de metadatos sobre estos aspectos. Los procedimientos relacionados se hallan desarrollados en la Parte II.

2. Mediano y largo plazo

Más allá de las acciones detalladas en los acápites anteriores, existen varias adicionales, que se revelan como necesidades para el desarrollo y solución al futuro de los aspectos relacionados al componente de Dendrología, en el contexto de la prospección e inventario de la flora forestal del país. Algunas de ellas, inclusive, trascienden el lapso del presente proyecto de INF, y deben formar parte de una agenda común de las instituciones involucradas en dichos aspectos. Plasmar estas acciones requerirá de la consolidación de una agenda nacional en este aspecto.

Las más saltantes son las siguientes.

2.1. Expansión del número de Parcelas Permanentes, cubriendo sobre todo las formaciones ecológicas en las que no han sido establecidas.

La red de PP existente en el país, que ha sido descrita en los párrafos finales de la Parte II de este documento, debe ser impulsada. De modo especial, hace falta expandir la cobertura de esta red hacia las formaciones florísticas en las cuales no hay levantamientos. En este sentido, puede verse el Anexo 1.

2.2. Producción de manuales de identificación de las especies árboles

El número de manuales y guías de identificación fácil para las especies de árboles del Perú es limitado. Es prioritario impulsar la producción de este tipo de documentos de uso práctico, orientados a localizaciones específicas o grupos de especies priorizadas. Un ejemplo de lo último está constituido por árboles de importancia maderable como los representados por los nombres comunes Cedro (10 especies en el Perú), Shihuahuaco (4 especies), Huayruro (8 especies), Lupuna (6 especies), etc.

2.3. Establecimiento de un sistema informatizado que facilite el acceso a la información de Herbarios nacionales (bases de datos y fotografías de especímenes)

En los principales Herbarios nacionales existe un acervo de información sobre la distribución e identidades de las especies existentes en los diferentes ámbitos del país. Éste sería maximizado si toda esta información pudiese ser combinada y puesta accesible, incluyendo las fotografías de los especímenes de especies arbóreas peruanas. Experiencias actuales en el Perú incluyen la iniciativa ATRIUM, donde 3 herbarios nacionales (CUZ, HH, MOL) han registrado colecciones botánicas e imágenes de más de 30,000 especímenes de plantas del Perú (ver: http://atrium.andesamazon.org/research_project_list.php).

2.4. Elaboración de un mapa de estratificación de flora arbórea peruana, que visualice los ámbitos con ensamblajes comunes de especies.

Existe una carencia actual de una clasificación que resuelva los diferentes ámbitos florísticos existentes en el país, sobre todo en la amazonía peruana, que es el espacio más diverso. Por ello, la distribución de las especies está siendo referida a sistemas de clasificación que han tenido como objetivo resolver otros aspectos, como la fisionomía, y no necesariamente expresan apropiadamente esta subdivisión. La elaboración de un mapa que refleje los límites de los ensamblajes de especies arbóreas es una prioridad para el acopio y tamizado de la información sobre existencia de las especies arbóreas en el territorio del país

2.5. Capacitación de personal técnico y profesional orientado a Dendrología

El caso de los *Materos* o guías, y la continuidad en la formación y capacitación de cuadros de personal con entrenamiento en Dendrología, es importante para el desarrollo futuro del Inventario del patrimonio de la diversidad arbórea del país. En el Perú se conoce con este nombre a personas locales, por lo común formadas espontáneamente, que conocen los diferentes tipos de árboles maderables, sobre todo los de madera valiosa. La extracción selectiva de estas maderas en las selvas peruanas ha estado históricamente asociada a la participación de materos, quienes adicionalmente sirven como guías por su conocimiento local del terreno.

Si bien el conocimiento etnobiológico observable en los materos suele ser muy alto, y de enorme interés en esta perspectiva, en pocas ocasiones se ha hecho esfuerzos para capacitar formalmente a los materos. Un caso particular de este tipo de iniciativa se aprecia en el ámbito de la estación IIAP de Jenaro Herrera, en el Departamento de Loreto, donde hay un grupo de materos formados a lo largo de décadas mediante la participación activa en trabajos de colección Dendrológica, monitoreo fenológico, e interacción con profesionales Dendrólogos y Taxónomos, propiciando un intercambio de conocimientos. Esta situación ha convertido a varios de ellos en Técnicos Forestales de muy alto nivel. Lamentablemente, el estrato de edad de estos materos es ahora avanzado, y no hay un esquema de renovación mediante la formación de jóvenes. Por eso, una tarea al futuro es la formación de Técnicos Forestales con capacitación en Dendrología.

De la mano con el aspecto mencionado, la capacitación de profesionales Dendrólogos es claramente una prioridad para un país con niveles de diversidad biológica tan extraordinarios como el Perú, en el cual el número de profesionales especializados en esta línea puede contarse con los dedos de las manos.

Tabla 1. Acciones en el corto, mediano y largo plazo para el desarrollo del componente de Dendrología del Inventario Nacional Forestal

CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO
<p>Incorporación de Procedimientos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Trazabilidad de nombres comunes y científicos ● Trazabilidad de especímenes ● Acopio regular de metadatos sobre estos aspectos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Preparación de manuales de identificación ● Acceso gradual a la información de Parcelas Permanentes existentes en el país ● Expansión del número de PP, cubriendo sobre todo las formaciones ecológicas en las que no han sido establecidas ● Establecimiento de un sistema informatizado que facilite el acceso a la información de Herbarios nacionales (bases de datos y fotografías de especímenes) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacitación de personal técnico y profesional orientado a Dendrología ● Priorización de la prospección Dendrológica en las áreas no prospeccionadas del país (Anexo1)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Elaboración de un mapa de estratificación de ámbitos de flora arbórea peruana, que enfatiza la existencia de ensamblajes comunes de especies 	

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Brako, J. y L. Zarucchi. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden Monographs in Systematic Botany 45. 1286 pp.

Cáceres, P. & Reynel, C. 2010. Los árboles de *Ficus* del valle de Chanchamayo. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina / Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible APRODES. 167 pp.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. 1262 pp.

Gentry, A. 1996. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest southamerica (Colombia, Ecuador, Perú). The University of Chicago Press. 895 pp.

Joppa, L., Roberts, L., Myers, N. y Pimpe, S. 2010. Biodiversity hotspots house most undiscovered plant species. Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A. 32 (108): 13171-13176.

Honorio, E. & Reynel, C. 2010. Vacíos de colección de la flora de los bosques húmedos del Perú. Lima, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina. 87 pp. (ISBN 9972-9733-0-1)

Kroll, B. y Marmillod, D. 1992. Apuntes dendrológicos del Perú. Nombres vernaculares y especies de Dantas. UNALM, Unidad Modelo de Manejo y Producción Forestal Dantas. pp. irreg.

Reynel, C. 2012. Guía ilustrada para la identificación de algunos árboles importantes del Bosque Puyu Sacha. Pp. 339-383 En Reynel, C. (Ed.): Flora y Fauna del Bosque Puyu Sacha. Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible APRODES. 383 pp.

Reynel, C. & Marcelo, J. 2010. Árboles de los Ecosistemas Forestales Andinos. Programa Regional ECOBONA, Agencia Suiza de Cooperación Internacional y Fundación Suiza para el Desarrollo y la Cooperación Internacional (INTERCOOPERATION). 162 pp.

2007. Reynel, C., Pennington, R., Pennington, J. Marcelo & Daza, A. Árboles útiles del Ande peruano y sus usos: un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies de la Sierra y los Bosques Montanos en el Perú. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, Royal Botanic Gardens Kew, Royal Botanic Gardens Edinburgh, APRODES . 463 pp. (ISBN 975 9972 33 359 0)

Pennington, T., Reynel, C. & Daza, A. 2004. Illustrated guide to the trees of Peru. D. Hunt, Publ., England. 848

pp. (ISBN 0 95381 34 3 6)

Reynel, C., Pennington, R., Pennington, T., Flores, C. & Daza, A. 2003. Árboles útiles de la amazonía peruana y sus usos, un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, Royal Botanic Gardens Kew, Royal Botanic Gardens Edinburgh e ICRAF. 537 pp. (ISBN 9972-9733-1-X)

Reynel, C. & Pennington, T. 1997. El género *Inga* (Leguminosae) en el Perú. Morfología, distribución y usos. Royal Botanic Gardens, Kew. 228 pp. (ISBN 1 900347 19 9)

Reynel, C. & León, J. 1990. Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos. FAO/HOLANDA/INFOR. Lima. 500 pp. (en dos volúmenes)

Reynel, C. & León, J. 1989. Especies forestales comunes de los bosques secundarios de Chanchamayo, Perú. ICRD /UNALM. Lima. 174 pp.

Reynel, C. 1988. Plantas para leña en el suroccidente de Puno. INTERCOOPERATION, Proyecto Arbolandino. Puno, Perú. 165 pp.

Spichiger, R., Meroz, J., Loizeau, P., Stutz, L. 1989. Contribución a la flora de la amazonía peruana. Árboles del arboretum de Jenaro Herrera. Vol. I. Moraceae a Leguminosae. Boissiera 43. 359 pp.

Spichiger, R., Meroz, J., Loizeau, P., Stutz, L. 1990. Contribución a la flora de la amazonía peruana. Árboles del arboretum de Jenaro Herrera. Vol. II. Linnaceae a Palmae. Boissiera 44. 565 pp.

Van der Werff, H. y Consiglio, T. 2004. Distribution and conservation significance of endemic species of flowering plants in Peru. *Biodiversity and conservation* 13: 1699-1713.

ANEXO 1

VACÍOS DE CONOCIMIENTO DE LA FLORA DE LOS BOSQUES HÚMEDOS DEL PERÚ

Fuente: Honorio, E., y Reynel, C. 2003. Vacíos en la colección de la flora de los bosques húmedos del Perú. Herbario de la Facultad de ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 87 pp.

En el territorio del Perú, colecciones Botánicas efectuadas en parajes que van desde los más accesibles hasta los más alejados del país, se han ido acumulando históricamente en Museos y Herbarios, que son los depositarios de los correspondientes especímenes y su información asociada. Éstos ponen en evidencia la alta Diversidad Biológica, y la presencia de especies nuevas y únicas en muchas localizaciones. El trabajo de colección, o adquisición de muestrarios, constituye la línea de base que documenta la Diversidad, y es el respaldo científico que permite afirmar inequívocamente la existencia de alguna especie, por ejemplo una muy rara o infrecuente, en determinados ambientes.

Podemos plantearnos varias preguntas en torno a este proceso de prospección de la Biodiversidad, en particular para las áreas de Bosque húmedo de nuestro país. ¿Cuánto del Bosque húmedo peruano ha sido explorado y con qué intensidad, desde el punto de vista del estudio de su Flora? ¿Hay vacíos en esta prospección, y por contraste, existen áreas intensamente exploradas? ¿Dónde se localizan estas zonas, las exploradas y las que no lo han sido?

La respuesta a las preguntas formuladas no es simple. No obstante, es sumamente importante para orientar apropiadamente los esfuerzos de exploración de la Diversidad Biológica hacia áreas poco conocidas del país.

En los años recientes, el advenimiento de tecnologías modernas, como la percepción remota por medio de imágenes satelitales, nos ha creado la impresión de conocer con claridad el contenido en cuanto a especies en los Bosques de la Amazonía peruana. No obstante, grandes áreas Forestales permanecen aun inexploradas y desconocemos sus singularidades. La identificación de las *Especies* de la Flora, como consecuencia de la enorme diversidad existente, requiere necesariamente del arduo trabajo de recolección Botánica en el sitio y la identificación del material colectado para aclarar las interrogantes mencionadas, sobre todo en lo relacionado a la existencia de especies raras, nuevas o únicas.

Con la finalidad de responder estas preguntas, se ha hecho un análisis de la densidad y distribución de aproximadamente 4,500 registros de colecciones Botánicas de tres Familias de plantas arbóreas que son altamente frecuentes en los Bosques húmedos de la Amazonía peruana. La primera es Moráceas (Moraceae), característica sobre todo en los Bosques de la Llanura Amazónica o Selva Baja (0-800 msnm); incluye el género *Ficus*, omnipresente y rico en especies, los conocidos árboles de "Ojé", "Higuerón" o "Matapalo". Las otras dos familias, las Cunoniáceas y Clorantáceas (Chloranthaceae) son características de la Selva Alta o Ceja de Selva (800-3800 msnm), y la primera de ellas es la Familia que incluye al género *Weinmannia*, elemento característico de los Bosques montanos del nuevo mundo.

Consideramos que el comportamiento y patrones de la colección de estas Familias son representativos de lo que ha sucedido, en general, con la colección Botánica en las áreas Amazónicas del Perú. Por medio del análisis de la distribución y densidad de colecciones de estas familias, obtenemos una visión preliminar que puede servir de referencia para orientar la investigación futura. Mostramos aquí los resultados más inmediatos de esta evaluación, que han sido elaborados más extensamente en la publicación que sirve de base para este Anexo (Honorio y Reynel, 2003).

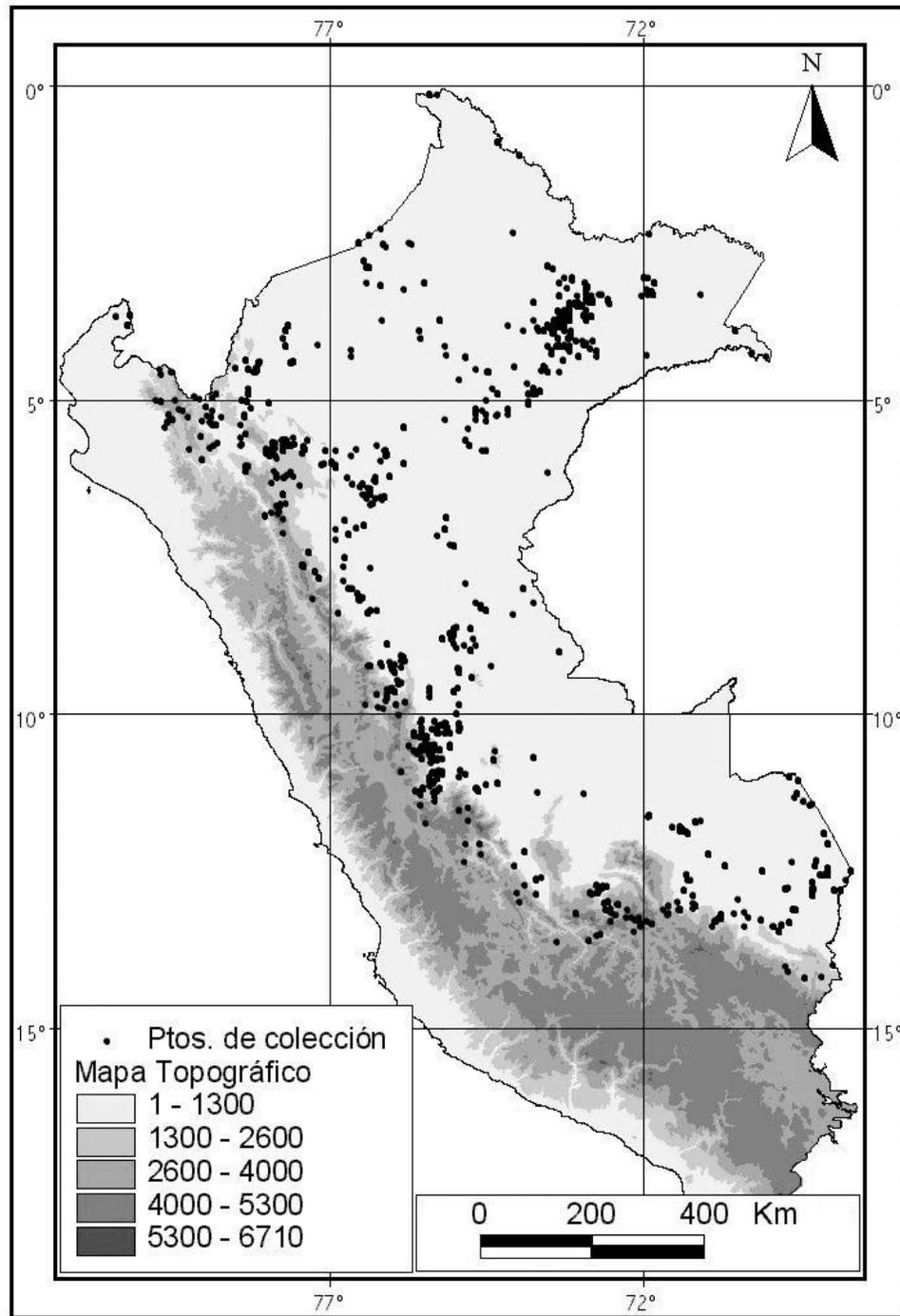


Figura 1a. Distribución de colecciones de tres Familias Botánicas seleccionadas, en los Bosques húmedos del Perú

Distribución de colecciones Botánicas en el Perú (Figura 1a)

Existe un desbalance muy marcado en la prospección de los Bosques húmedos por Departamentos en el Perú. El 59% de las colecciones está distribuido en 2 Departamentos, Loreto (37%) y Madre de Dios (22%). Las colecciones se encuentran muy concentradas en pocas áreas y en contraste, gran parte del Bosque húmedo peruano tiene una intensidad de colección muy baja o nula. Las dos localidades más densamente colectadas son Allpahuayo-Mishana, más sus zonas de adyacencia en las cercanías de Iquitos, y el área de Tambopata-Cuzco Amazónico en el Departamento de Madre de Dios.

Salta a la vista, por ejemplo, que el Departamento de Junín, muy accesible desde Lima y con importante Flora selvática, tiene un nivel de prospección bastante bajo en comparación a otros. Los Departamentos mayoritariamente Amazónicos con menores niveles de colección son Junín, Ucayali y Cuzco.

Distribución de colecciones Botánicas vs. accesibilidad

En cuanto a la distancia inmediata a una vía o un río principal, el 66% de las colecciones han sido realizadas en distancias menores de 4 km a alguno de éstos. En lo referente a distancia a centros poblados urbanos o rurales, el 59% se han efectuado a menos de 4 Km de distancia de un centro poblado urbano o rural.

Entonces, la mayoría de las colecciones han sido realizadas en lugares de fácil acceso, mientras que lugares poco accesibles tienen escasa o nula prospección Botánica. Esto es comprensible, no sólo por las dificultades físicas de acceso a algunas áreas del territorio nacional, sino fundamentalmente porque la logística a áreas remotas es muy cara, y los financiamientos para la investigación son limitados. Esta es una situación que deberá ser revertida, si queremos cobrar conocimiento más completo de la Diversidad Biológica del país.

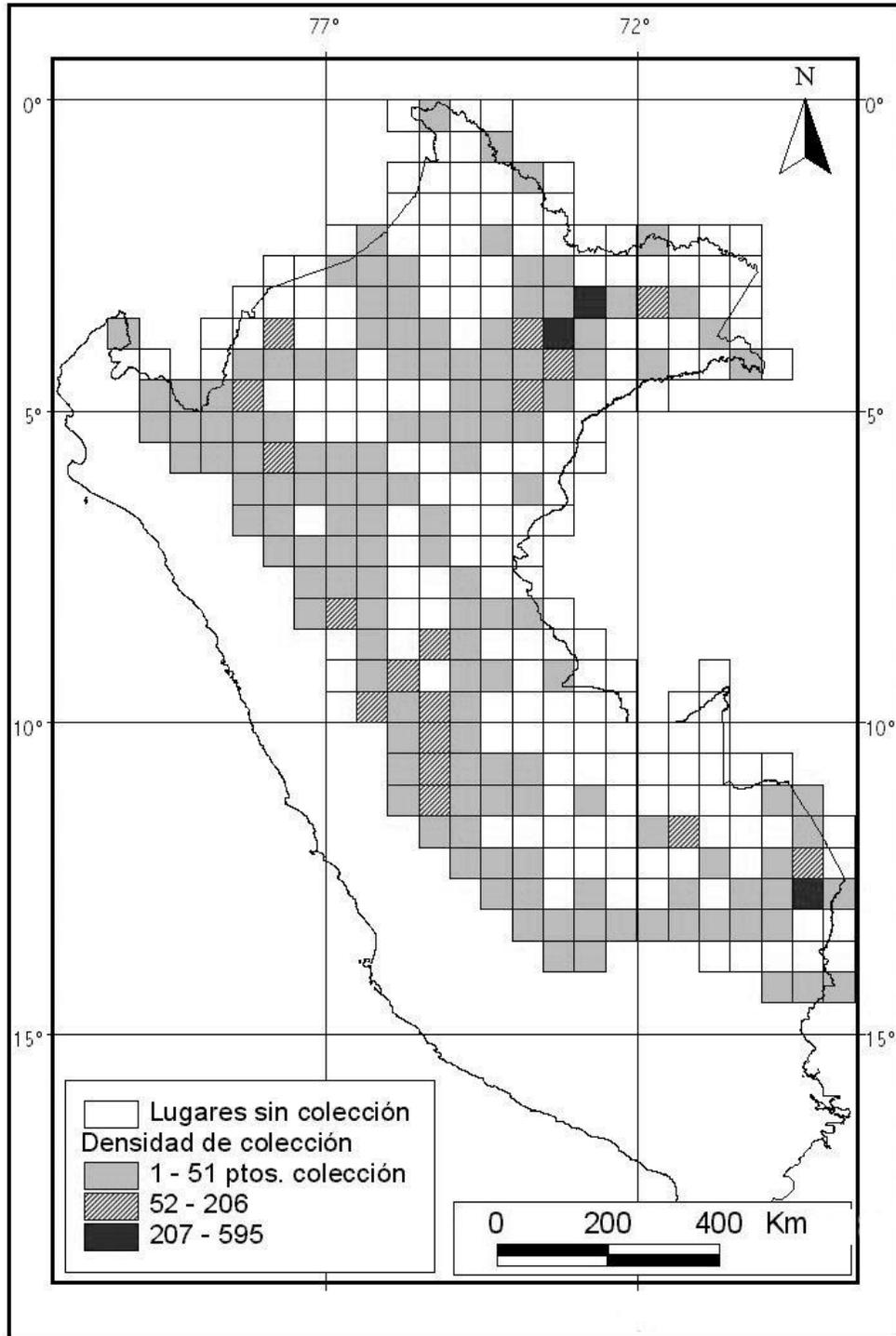


Figura 1b. Densidad de colecciones de tres Familias Botánicas seleccionadas, en los Bosques húmedos del Perú

Densidad de las colecciones Botánicas en el Bosque húmedo peruano (Figura 1b)

Casi el 30% de las colecciones se emplazan en 3 unidades de superficie equivalentes a un cuadrado con un Grado Sexagesimal por lado. La mayor concentración de colecciones corresponde al área de Allpahuayo-Mishana y zonas de adyacencia a Iquitos en el Departamento de Loreto, así como el área de Tambopata-Cuzco Amazónico en el Departamento de Madre de Dios.

Es muy claro que las colecciones están polarizadas en pocas áreas, que tienen, en términos relativos, una alta densidad de colección. Corresponden al ámbito inmediato de algunas ciudades, como Iquitos y Oxapampa, a la cercanía a Estaciones de Investigación, de Proyectos Científicos o de Ecoturismo, como Explor Napo, Sucusari, Explorama Lodge, Jenaro Herrera en Iquitos; Explorer's Inn, Cocha Cashu y Tambopata en Madre de Dios; Bosque Nacional Iparía, Proyecto Pichis-Palcazu en la provincia de Oxapampa, y algunas Áreas Naturales Protegidas, como la Zona Reservada Allpahuayo-Mishana, la Reserva Nacional de Tambopata, y los Parques Nacionales de Manu, Río Abiseo y Cutervo.

Esto refleja esfuerzos de grupos reducidos de investigadores, muchas veces en un nivel individual, más que una prospección organizada a nivel del país. Varias de las localizaciones mencionadas arriba fueron reconocidas por Ecólogos o naturalistas como espacios con elevada diversidad o elementos de Flora y Fauna únicos. Tal detección estuvo inicialmente basada en la experiencia personal de ellos, y en su conocimiento panorámico de la realidad Ecológica del país. Ejemplos de lo descrito son Allpahuayo-Mishana, Tambopata, Manu, río Abiseo y Cutervo, entre otros. Este reconocimiento inicial catalizó la exploración hacia ellas y ocasionó posteriormente un efecto de cascada en los estudios de prospección Biológica.

Vacíos de colección, prospección y conocimiento Botánico en los Bosques húmedos del Perú

Existen ámbitos extensos en los cuales no hay colecciones y consecuentemente el conocimiento del contenido en especies en ellos es precario o nulo: el ámbito Norte del Departamento de Loreto, comprendiendo el área entre los ríos Tigre, Napo y Putumayo; el ámbito Norte del Departamento de Ucayali, comprendiendo el área entre los ríos Ucayali y Alto Yavarí, y el ámbito Norte del Departamento de Madre de Dios, desde la naciente del río Los Amigos y el río Las Piedras hacia el Este, hasta la frontera con Brasil. Aparte de éstos hay varios otros espacios, que se aprecian en los Mapas que acompañan este Anexo. Es saltante la existencia de estos vacíos de conocimiento de la diversidad biológica en áreas del territorio peruano.

ANEXO 2

SITIOS Y RECURSOS WEB RELEVANTES PARA EL ESTUDIO DE ÁRBOLES DEL PERÚ

INFORMACIÓN SOBRE ESPECÍMENES Y ESPECÍMENES TIPO:

Jardín Botánico de Missouri, Missouri Botanical Garden

www.motob.org

<http://www.missouribotanicalgarden.org/plant-science/plant-science/research.aspx>

Jardín Botánico de Nueva York, New York Botanical Garden

www.nybg.org

<http://sciweb.nybg.org/science2/VirtualHerbarium.asp.html>

Estos sitios permiten acceder a especímenes específicos, colectados en todo el mundo, y particularmente en territorio peruano. Contienen fotos de gran resolución de especímenes Tipos. El primero dispone de un software para el Mapeo de la distribución de las especies.

Museo de Historia Natural de Chicago, Field Museum of Natural History, Chicago

<http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/>

Este sitio despliega tanto colecciones de Herbario, como Catálogos de fotografías de las Plantas en su ambiente natural, para muchas localizaciones peruanas y de otros países.

Sistema JSTOR de acceso a especímenes Tipo de Herbarios de todo el mundo

<http://plants.jstor.org/search>

Este sistema da acceso a los especímenes Tipo de todos los Herbarios importantes del mundo.

Fotos de especímenes de Herbarios peruanos

http://atrium.andesamazon.org/research_project_list.php).

Compila fotos de cerca de 30,000 especímenes de colecciones realizadas en el Perú

GENOMA

La Base de Datos de secuencias del ADN del Cloroplasto para especies de plantas, Plant DNA C-value Database

data.kew.org/cvalues

Ofrece información sobre secuencias del ADN del Cloroplasto, y cita los Herbarios en los que están los especímenes de los cuales se han extraído las muestras de ADN en cada caso.

CÓDIGO DE NOMENCLATURA BOTÁNICA, CINB (International Code of Botanical Nomenclature, ICBN)

<http://www.bgbm.org/iapt/nomenclature/code/default.htm>

El Código más reciente (Vienna Code), versión en Inglés

Index Herbariorum (Listado de Herbarios mundialmente reconocidos)

<http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>

FLORA DEL NEOTROPICO

Organización para la Flora Neotropica

<http://www.nybg.org/botany/ofn/Monograph%20List.htm>

Contiene la lista de monografías taxonómicas que cubren muchos grupos de plantas arbóreas

LISTADO DE TAXÓNOMOS ESPECIALISTAS EN GRUPOS DE PLANTAS NEOTROPICALES

Organización para la Flora Neotropica

<http://www.nybg.org/botany/ofn/angio.htm#R>

Contiene un listado de taxónomos especialistas en los diferentes grupos de plantas neotropicales

HERBARIOS NACIONALES RECONOCIDOS EN EL INDEX HERBARIORUM

Datos tomados del Index Herbariorum
(<http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>)

(Nombres y siglas internacionales)

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (AMAZ), Universidad Nacional San Lis Gonzaga ed Arequipa (AQP), Universidad Nacional de Cajamarca, Departamento de Biología (CPUN), Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Biológicas (CUZ), Universidad Privada Antenor Orrego, Museo de Historia Natural (HAO), Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Agronomía (HCEN), Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (HH, CIJH), Universidad Nacional de Huánuco Hermilio Valdizán, Facultad de Educación (HHUA), Estación biológica del Jardín Botánico de Missouri (HOXA), Universidad Nacional Agraria de la Selva (HTIN), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Área de Biomédicas (HUSA), Universidad Nacional de La Libertad-Trujillo (HUT), Universidad Nacional Agraria La Molina (MOL), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque (PRG), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Instituto de Botánica y Recursos Vegetales Terapéuticos (SMF), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural (USM).

ANEXO 3

USO DE SECUENCIAS DE ADN EN EL ESTUDIO TAXONÓMICO DE LAS PLANTAS

El empleo de secuencias de ADN ha traído consigo una verdadera revolución en el estudio de las relaciones evolutivas entre organismos. Particularmente, son utilizadas para examinar la Filogenia, es decir la posibilidad de procedencia genealógica de los taxones desde un ancestro común, y en esa perspectiva, la pertenencia a un grupo común o afinidad taxonómica. Antes de exponer cómo son empleadas en ese sentido, es preciso examinar brevemente la estructura misma del ADN, y cómo se encuentra alojado en las células de plantas y animales.

El **Genoma** contiene el código Genético completo de un organismo dado. Su mayor parte se encuentra ubicada en el **Genoma Nuclear**, al interior del Núcleo de la célula, y en éste, se halla organizado en **Cromosomas**, cada uno de los cuales contiene determinados Genes en particular; los seres humanos poseemos 23 pares de Cromosomas, una copia de éstos procedente de la madre, y otra del padre; a esta condición se le conoce como **Diploide**.

El Genoma está conformado por **Ácido Desoxirribonucleico** o **ADN**, molécula con el aspecto de un hilo, y dispuesta en espiral o hélice, a la manera de un resorte, en una estructura doble *-la Doble Hélice-*. La molécula de ADN es la generatriz de todas las

instrucciones Bioquímicas necesarias para construir un ser vivo, comandar su desarrollo, funcionamiento y herencia. Está formada por series de **Nucleótidos**, que son combinaciones de azúcar, fosfato y una de cuatro **Bases de Nitrógeno**, conocidas simplemente como **Bases**, usualmente abreviadas por sus iniciales, "A", Adenina, "C", Citocina, "G", Guanina y "T", Timina, éstas siempre dispuestas en pares, Adenina-Timina y Citosina-Guanina, también llamados **Pares de Bases** (pb). Los últimos suelen cuantificarse por miles, con un millar de ellos expresado como 1 Kpb.

Tanto en las plantas como los animales la mayor parte del ADN se encuentra en el **Genoma Nuclear**. No obstante, existen Genomas adicionales, más pequeños, que no se encuentran en Cromosomas, sino en dos de los Organelos de la Célula, específicamente en los **Mitocondrios** y los **Cloroplastos**. Se hallan organizados como una molécula circular y cerrada al interior de éstos. Son transmitidos únicamente por la madre; por tratarse de Genomas con una copia única se les conoce como **Haploides**.

Plantas y animales poseen **Genoma Mitocondrial** (ADNmt). Éste contiene los Genes que codifican la producción de proteínas asociadas a la generación de energía. En los vertebrados, el ADNmt es una molécula de ADN con tan solo 16 Kpb; en las plantas vasculares varía entre 160-2,400 Kpb.

Las plantas, además, poseen el pequeño **Genoma del Cloroplasto** (ADNcp), formado por los Genes que codifican la producción de proteínas necesarias para la Fotosíntesis. Este Genoma tiene diferentes tamaños; en las plantas vasculares, fluctúa entre 120-160 Kpb.

El uso de secuencias de ADN en estudios Filogenéticos ha puesto en manos de los especialistas una fuente de Caracteres casi ilimitada. Ello contrasta con el reducido número de Caracteres Morfológicos disponibles para inferir Filogenias.

El fundamento del Análisis Filogenético molecular descansa en comparar la misma región del Genoma de los diferentes Taxones que se examinan. Por ejemplo, se puede comparar la misma secuencia de ADN en todos los Géneros de la Familia Leguminosas.

Se advierte, sin embargo, una dificultad. Encontrar el mismo Gen en el Genoma Nuclear de diferentes individuos puede ser complicado, dado que en algunos casos éstos se agrupan conformando las llamadas **Familias MultiGenes**. Ellas son juegos de Genes muy similares, con funciones Bioquímicas muy parecidas, formadas en el proceso de duplicación de Genes a lo largo del Tiempo Evolutivo.

Para evitar las complicaciones mencionadas, propias del Genoma Nuclear, la gran mayoría de los estudios de Filogenia en animales se emplean Genes del ADNmt, y en plantas, del ADNcp; en las últimas, adicionalmente, el Genoma de regiones no codificadoras entre Genes. Una ventaja adicional es que tanto el Mitocondrio como el Cloroplasto, a diferencia del Genoma Nuclear que es **Diploide**, tienen Genomas **Haploides**, poseedores de una copia única, la materna; esto es una gran ventaja, pues nos da la certeza de estar comparando el mismo Gen en todos los individuos.

Los Genes pueden amplificarse empleando un proceso llamado **Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, en inglés)**, y sus secuencias exactas de Nucleótidos en el ADN pueden ser precisadas, revelando el orden que tienen las Bases. De este modo, las correspondientes secuencias de múltiples Taxones, ya resueltas, pueden alinearse, es decir colocarse una al lado de otra, y compararse; dicho procedimiento es conocido como **Alineamiento de Múltiples Secuencias**. Si en la posición de la primera Base de un Gen, varias de ellas tienen una "A", y otras una "T", eso sugiere la existencia de dos grupos, cada uno definido por su correspondiente Base. Así, tanto la "A" y la "T" pueden interpretarse como Homologías Primarias, es decir expresiones de procedencia genealógica común. Sabemos, no obstante, que algunas de las "A" podrían haber evolucionado independientemente, generando una afinidad aparente y no real. La resolución de esta situación puede lograrse mediante un Análisis Filogenético empleando el criterio de Parsimonia. Dos herramientas adicionales que robustecen este procedimiento son el **Análisis Bayesiano**, que incorpora a éste modelos de las secuencias de ADN en evolución, y el análisis probabilístico.

El Alineamiento de Múltiples Secuencias permite establecer una hipótesis de ancestralidad común, y por ello es crucial para el proceso de inferencia de Filogenias. No obstante, debe considerarse la posibilidad de interferencias como se ha mencionado, del mismo modo que cambios ocurridos por Mutación en porciones del Genoma, a lo largo del Tiempo Evolutivo. Adicionalmente, se sabe que con el paso del tiempo, tramos del ADN pueden experimentar cambios por incorporación o pérdida de pequeñas porciones, es decir Inserciones o supresiones, las últimas también conocidas como **Deleciones**. Estos cambios son especialmente frecuentes en el ADN de regiones no codificadoras entre Genes, bastante en uso para estudios de linajes de plantas a nivel de especies. Todas estas dificultades hacen que el Alineamiento de Múltiples Secuencias y su interpretación pueda volverse complicado, y verse influenciado por la subjetividad.

Actualmente, el Jardín Botánico de Kew, Londres, ha plasmado la puesta en línea de una Base de Datos de información Genómica de plantas, Plant DNA C-value Database, Royal Botanic Gardens Kew, que despliega la información de porciones específicas del Genoma de especies vegetales, como se pormenoriza en el **Anexo 2**.

ANEXO 4

NORMATIVIDAD SOBRE COLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE FLORA EN TERRITORIO PERUANO

NORMATIVIDAD SOBRE SEGURIDAD EN EL TRABAJO

1. Normatividad referente a la obtención de especímenes para estudios de flora y acceso a recursos genéticos

La página web y correspondientes enlaces son:

www.sernanp.gob.pe

www.dgffs.minag.gob.pe

<http://dgffs.minag.gob.pe/index.php/procedimiento-administrativo>

<http://dgffs.minag.gob.pe/index.php/servicio-orientacion>

<http://dgffs.minag.gob.pe/index.php/lineamiento-y-manuales>

<http://dgffs.minag.gob.pe/index.php/institucionalidad/quienessomos>

En el país, la autoridad competente en relación a la colección de especímenes de flora fuera de Áreas Naturales protegidas (ANP) es la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre del Ministerio de Agricultura (Ex-INRENA). Para dichas autorizaciones dentro de las ANP, es el SERNANP, regido por su propio TUPA. Las bases legales se mencionan a continuación.

Sobre la autorización de colección de especímenes en territorio peruano, la Ley No 27308 Forestal y de Fauna Silvestre (FFS), aprobada mediante DS 014-2001-AG, establece en su Artículo 328° que la investigación o estudio que implique la colección de especímenes o elementos de flora y fauna silvestre no vedados y la obtención de datos e información de campo requiere autorización del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA); la Ley No 29376 suspende la aplicación de los Decretos Legislativos No. 1090 y No. 1064 y establece en su Artículo 4° que las funciones otorgadas por la Ley No 27308 FFS al INRENA son ejercidas por el Ministerio de Agricultura y Riego o los Gobiernos Regionales dentro del marco de sus competencias.

Asimismo, el Artículo 1° del DS 003-2009-MINAM eleva al rango de DS la Resolución Ministerial 087-2008-MINAM y ratifica la aprobación del Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos. La 3ª disposición final de éste indica que la obtención de permisos y autorizaciones que otorgan las entidades públicas como el MINAG, y que conciernen a la investigación y obtención de recursos biológicos con fines distintos a su uso como fuente de recursos genéticos, no faculta a sus titulares a utilizarlos como medio para acceder a los recursos genéticos, ni presumen autorización de acceso.

Concerniente a áreas fuera de Áreas Naturales Protegidas, el DS 031-2008-AG, en su Artículo 61° aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del MINAG; en su inciso n) precisa como funciones de la Dirección de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre la de autorizar la extracción de especímenes de flora y fauna silvestre.

Concerniente a Áreas Naturales Protegidas (ANP), el DS 006-2008-MINAM, aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, establece que es función de los Jefes de ANP otorgar derechos de uso, autorizaciones y permisos para realizar actividades inherentes a los objetivos y funciones de las ANP. De otro lado, relación a sus zonas de amortiguamiento, el DS 038-2001-AG, en su Artículo 23°, aprueba el Reglamento de la Ley de ANP, e indica en su inciso d) que una de las funciones de la Dirección General de ANP (DGANP) del MINAG es realizar la gestión eficiente de éstas y asegurar el desarrollo y la actualización de Planes Maestros, incluyendo su zonificación y el uso adecuado de las Zonas de Amortiguamiento. El Reglamento de la Ley de ANP, aprobado por DS 038-2001 AG, en su Artículo 63°, indica que los permisos o autorizaciones concernientes a Zonas de Amortiguamiento de las ANP deben contar con opinión previa de la DGANP.

Los detalles de los formatos requeridos para solicitar autorizaciones para la colección de especímenes de flora silvestre se encuentran en los sitios web y correspondientes enlaces mostrados en el Anexo 4

2. Legislación laboral concerniente a salud y seguridad en el trabajo

La legislación laboral actual, tanto en la perspectiva internacional como nacional, enfatiza la seguridad del personal que trabaja expuesto a medios y situaciones que implican riesgos a la salud y seguridad. Lo mencionado es aplicable tanto a procedimientos de colección de especímenes Dendrológicos, como a aquellos vinculados al manejo forestal. Aunque ninguna de estas normas se refiere de manera específica a las acciones de obtención de especímenes

de especies arbóreas, el sentido de todas ellas es elevar la consideración del contexto de seguridad en estos procedimientos. Por ello, se hace necesario el uso de equipos de seguridad para el escalamiento; técnicas correctas de uso y mantenimiento de éstos deben ser enfatizadas y se repasan en los acápites correspondientes. El presente acápite no pretende hacer una revisión exhaustiva de la legislación existente sobre estos temas, pero sí indicar los marcos normativos aplicables de mayor importancia.

De acuerdo a la OIT (1997) es necesario establecer procedimientos que permitan localizar sistemáticamente los riesgos para la salud y seguridad, que puedan derivarse de las actividades forestales, precisar los riesgos que puedan provocar accidentes de trabajo, enfermedades profesionales, incidentes o situaciones de urgencia, y realizar una evaluación de riesgo para cada tarea o actividad. El Consejo Andino de Ministros, en su Decisión No. 584, sustituida posteriormente por la No. 547 del 7 de Mayo 2004, Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, efectúa una recomendación similar. Asimismo, los criterios del Forest Stewardship Council (FSC) referidos al manejo forestal sostenible de los bosques dan particular importancia a las condiciones de Seguridad en el trabajo forestal. El Principio 4, referido a las Relaciones Comunes y Derechos de los Trabajadores, en el Criterio 4.2, indica: "El manejo forestal deberá cumplir o superar todas las leyes y/o reglamentos aplicables a la salud y seguridad de los empleados y sus familias".

En una perspectiva nacional, la normatividad aplicable se halla contenida en el DS 009-2005-TR, Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, que enfatiza la observación de la seguridad de los trabajadores expuestos a procedimientos que impliquen riesgos para su integridad.

ANEXO 5

PROCEDIMIENTOS, EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA COLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES DENDROLÓGICOS

COLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES PARA ESTUDIOS DE ADN

1. Brigada de colección Dendrológica

La colección botánica de árboles implica esfuerzos y equipamientos especiales, que otros grupos de plantas no requieren. El principal obstáculo es la altura que alcanzan muchas especies de árboles, sobre todo aquellos maderables. En la amazonía peruana, algunos de éstos pueden alcanzar 50 o más metros de alto. Dado que los detalles importantes para la identificación taxonómica positiva de las especies se hallan en las flores y los frutos, y éstos a su vez son desplegados en la copa, la colección de ese material precisa de cuidados, medidas de seguridad y pautas especiales.

La colección de especímenes Dendrológicos debe ser efectuada por personal capacitado, incluyendo las siguientes personas.

La Brigada de Colección Dendrológica está conformada, como mínimo, por los siguientes integrantes:

- Jefe de Brigada. El Jefe de Brigada es un profesional Forestal con experiencia en Dendrología. Se encarga de dirigir al grupo y tomar decisiones sobre el desarrollo Técnico del trabajo, el uso de los equipos, la toma de datos asociada a las colecciones y la seguridad del personal. Debe tener comunicación continua con la Sede Central o Campamento Base generatriz del trabajo.
- Técnico especializado en escalamiento de árboles y colección Dendrológica. Este Técnico tiene experiencia previa en la obtención de muestras Dendrológicas en el campo, y entrenamiento en el uso de Cañas Telescópicas para la colección, así como en el escalamiento de árboles empleando los correspondientes equipos de seguridad.
- Guía local. El Guía local es un Madero o Trabajador Forestal de la zona, con conocimiento detallado tanto del bosque y las especies forestales como de su contexto social en el ámbito de trabajo, y con capacidad de situarse apropiadamente en éstos.
- Trabajador forestal de apoyo. El trabajador de apoyo está familiarizado con las actividades forestales, y auxilia en las labores de campo básicas, en este caso la limpieza de las trochas por las cuales la brigada se interna en el bosque, así como en el porteo del equipo y de los especímenes obtenidos.

2. Equipamiento para la colección Dendrológica; mantenimiento y consideraciones de seguridad

La colección de especímenes Dendrológicos requiere de equipamiento específico, constituido por un conjunto de herramientas. También, varios insumos o materiales que son empleados para la obtención y preparación de los especímenes en el campo.

Se menciona a continuación el equipamiento básico para la colección Dendrológica.

a. Tijera de Podar con Caña Telescópica (TPCT)

La TPCT es una herramienta fundamental cuando se colectan especímenes de hojas, flores o frutos de los árboles.

Esta herramienta está conformada por un cabezal de metal diseñado en dos o más piezas, como una tijera de podar, capaz de cortar las ramitas terminales de los árboles, de modo que facilita la

obtención de especímenes que contienen hojas, flores y frutos. El cabezal en su conjunto mide unos 25-35 cm de longitud. Una pieza sólida conforma la estructura principal, y una cuchilla afilada, adosada con un perno en la pieza anterior, permite el corte de los especímenes. La base del cabezal remata en forma de tubo, lo cual permite ensamblarlo fácilmente en las varas de aluminio que conforman la parte telescopizable de la herramienta.

El cabezal de la TPCT va sujeto mediante un perno al conjunto de varas o tubos telescopizables, que calzan exactamente unos en los otros por ser de diámetros más pequeños o más grandes alternadamente. En el mercado se encuentran tubos de fibra de vidrio, los cuales son prácticos en el caso de árboles de pequeñas alturas (hasta unos 5 m), pero para el caso de las especies arbóreas amazónicas, los tubos recomendables deben estar confeccionados de aluminio. La longitud estándar de los tubos varía entre 1.5-2 m, y el diámetro entre 2.5-3 cm. El ensamble de estos tubos telescopizables se logra mediante tornillos con su correspondiente tuerca (estoboles), o mejor aun por un sistema de botones provistos de un resorte de metal. Los últimos permiten el ensamblaje y desensamblaje rápido en el campo, y facilitan el transporte de las partes de la herramienta por separado, lo cual es más cómodo en el campo.

El bajo peso de los tubos telescopizables de aluminio, hace que la herramienta sea relativamente fácil de transportar en el campo, empaquetando todos los tubos de aluminio en conjunto mediante sunchos o cuerdas.

El cabezal de la tijera, que es la parte con la cual se efectúa el corte, es accionado mediante una cuerda de varios metros de longitud, que debe exceder en un par de metros la longitud total que se despliega con las cañas telescópicas.

La extensión total de una TPCT posible de accionar con comodidad alcanza los 12-16 m. Más allá de esta longitud, el peso acumulado de los tubos de aluminio la hace difícil de maniobrar. Otro problema que surge conforme su longitud se incrementa es que el conjunto de los tubos telescopizados se flexiona formando una curva, haciendo difícil el enfoque de la caña en un punto determinado del follaje o dosel. Finalmente, bajo estas condiciones, los extremos de los tubos, que son los que soportan la tensión resultante de su ensamblaje, tienden a doblarse, dañarse o romperse como resultado del peso del conjunto. Es por esto que, para árboles de gran porte, la TPCT debe emplearse una vez que el Técnico especializado en el escalamiento del árbol alcance la cercanía de la copa.

Técnica correcta de uso. Esta herramienta debe emplearse cuidando que la longitud alcanzada por la telescopización de los tubos de aluminio no ocasione una tensión tal que se tuerzan o rompan los extremos de éstos. Su manipulación requiere cuidado y visión de contexto, para evitar que el extremo que tiene el cabezal golpee a los compañeros de trabajo. Se maniobra mejor cuando está vertical o casi vertical, por lo cual debe buscarse esa posición. Frecuentemente, es útil emplear una rama del árbol como horqueta para calzar allí la TPCT y dirigirla con mejor precisión hacia las estructuras que se desea cortar. La TPCT debe exceder siempre en un par de metros la longitud total que se desea alcanzar, para poderla maniobrar con comodidad.

Mantenimiento básico del equipo. Consiste en el afilado de la cuchilla del cabezal con una lima plana; debe hacerse en la medida en que se va perdiendo capacidad de corte, al igual que el aceiteado de toda la pieza cuando es almacenada y no está en uso; la verificación de la capacidad de empalme del cabezal y todos los tubos de aluminio, así como la limpieza regular de todas las partes.

b. Subidor de Púas. Este equipo consiste en dos aditamentos de metal, uno para cada pierna (tobillo y pie). Cada una de las piezas posee correas de cuero que permiten asegurarlas en las piernas. Poseen una o más púas, dependiendo del modelo. Los dos modelos básicos son:

Subidor de Púas – modelo Recto. Este diseño tiene piezas de metal rectas que rematan en una púa en la zona correspondiente al talón de cada pie, hacia la parte interna. Adicionalmente, piezas de metal y correas de cuero con hebillas de seguridad que permiten calzar el pie sobre una pequeña plataforma.

Subidor de Púas – modelo “Pata de Loro”. Este diseño tiene piezas de metal curvadas que se adaptan al diámetro del árbol y permiten que, por contrapeso, varias púas se claven al tronco del árbol asegurando el ascenso de la persona que ejecuta el escalamiento. Al igual que en el modelo anterior, hay correas de cuero con sus correspondientes hebillas de seguridad y una pieza de metal que permite calzar cada pie a modo de plataforma. Este diseño viene en tres tamaños, que permiten escalar árboles de pequeño hasta gran diámetro, y también hacer un cambio del equipo conforme el diámetro del árbol disminuye a medida que se asciende. Este modelo es el preferido en los trabajos de campo del Herbario Forestal UNALM, pues permite mayor comodidad y disminución del esfuerzo físico en el escalamiento.

Técnica correcta de uso. La técnica de uso de estos equipos se basa en asegurar o anclar apropiadamente cada pie conforme se va escalando, y soltarlo solamente cuando el otro está completamente fijado en el árbol. Se debe ir limpiando lianas y otras epífitas del tronco del árbol conforme se asciende. Los subidores de púas se usan imprescindiblemente con el cinturón de seguridad, para evitar accidentes por la caída de quien efectúa la escalada.

Mantenimiento básico del equipo. El mantenimiento de estos equipos consiste en la verificación, antes de cada escalada, del estado de las correas, hebillas y puntos de empalme, así como del apropiado aguzamiento de las púas; todos éstos deben mantenerse en buen estado para garantizar un escalamiento seguro.

c. Cinturón de seguridad. Esta pieza es imprescindible en el escalamiento de árboles. Consiste en un cinturón de cuero grueso con su correspondiente hebilla de metal, que rodea la cintura de la persona que ejecuta el escalamiento. Lleva ensambladas dos cuerdas muy gruesas y

resistentes, perfectamente aseguradas al cinturón de cuero; éstas pueden ser de alambre o nylon trenzados, y rematan en sus correspondientes hebillas de metal. La función del Cinturón de Seguridad es retener en el fuste del árbol a quien está escalando, a lo largo de todo el proceso, evitando que la persona se caiga. Por ello, el diseño del Cinturón de Seguridad debe poseer refuerzos, hebillas de suficiente grosor y un ensamble muy robusto de todas las partes. El uso del cinturón de seguridad amerita, complementariamente, guantes de cuero, para proteger las manos de la fricción al manipular las cuerdas y hebillas de éste, y de la eventualidad de que todo el peso del cuerpo se cargue sobre una de estas partes durante la escalada.

Técnica correcta de uso. El cinturón de seguridad debe estar cerrado, con sus cuerdas y hebillas completamente aseguradas, durante toda la operación de escalada del árbol. Conforme el diámetro de éste va disminuyendo al ascender, las cuerdas de seguridad deben ajustarse progresivamente.

Mantenimiento básico. El mantenimiento básico de este equipo consiste en la verificación, antes de cada escalamiento, del buen estado de del cinturón, cuerdas y hebillas del equipo, así como todos sus puntos de empalme.

d. Binoculares. Binoculares con capacidad de visualización y enfoque en detalle para distancias de 30-60 m son empleados en los trabajos de colección de especímenes Dendrológicos, para apreciar sus detalles y confirmar la idoneidad del material, antes de efectuar el escalamiento del árbol.

e. Equipos para geoposicionamiento. Es recomendable el uso de equipo de GPS con un buen nivel de precisión, para documentar apropiadamente la ubicación geográfica de los árboles colectados.

f. Cámara fotográfica. Es importante mantener un registro fotográfico, enfocado sobre todo en las estructuras en fresco, y de modo particular aquellas que pierden su color con el secado y la preservación, como es el caso de las flores. Se recomienda el uso de una cámara fotográfica digital de buena resolución, que tenga aditamento de disparo diferido (self-timer) y trípode, de modo tal que el enfoque de las fotos obtenidas sea óptimo.

g. Implementos adicionales: Casco de Seguridad, guantes, tijeras de podar de mano y prensas botánicas

Casco de seguridad. Como es usual en todas las actividades forestales en el campo, el uso de casco para la protección de la cabeza contra la caída de ramas gruesas, o el golpe con herramientas, es fundamental. En el caso de la colección Dendrológica, la Tijera de Podar con Caña Telescópica, sobre todo cuando alcanza su extensión total, es una herramienta de difícil maniobrabilidad; puede soltarse y caer durante la ejecución de un corte hacia las personas que se encuentran al pie del árbol, por lo cual el uso del casco es obligatorio como medida de protección.

Guantes gruesos. Se emplea un par de guantes gruesos pero flexibles, de cuero u otro material protector, durante el escalamiento, para manipular las cuerdas del cinturón de seguridad, las cuales deben llevarse hacia arriba conforme se sube por el árbol. Dado el peso y la fricción en el proceso, y la posibilidad de que el peso completo del operario recaiga sobre una de las manos, éstas deben estar protegidas para no ser dañadas.

Tijeras de Podar de Mano. Tijeras de Podar de mano son empleadas para cortar de manera más precisa las ramitas que han sido colectadas en la copa del árbol, y darles una dimensión apropiada que permita prensarlas e incorporarlas a una colección normal de Herbario. Frutos, inflorescencias y hojas pueden también ser individualizados y añadidos como material adicional al espécimen.

Limas. El desgaste de la cuchilla del cabezal de la TPCT, las Tijeras de Podar de Mano y machetes durante el trabajo de colección Dendrológica hacen necesario tener al menos dos Limas en buen estado cuando se trabaja en el campo. Las de diseño plano son las más apropiadas en este caso.

Prensas Botánicas. Las prensas Botánicas están conformadas por listones de madera ensamblados formando dos rejillas a modo de tapas o piezas únicas. El diseño usual se elabora ensamblando cuatro tablillas de 42 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 0.7 cm de longitud, que se disponen en el mismo plano y son cruzadas por cinco tablillas de 32 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 0.7 cm de espesor. Las tablillas se ensamblan con remaches o clavos cortos. Los especímenes Dendrológicos se acomodan en éstas entre pliegos de papel periódico, formando una ruma; todo este material es comprimido entre las prensas, facilitando que éste adopte una forma plana, lo cual es deseable para el examen posterior de muchas de las estructuras que se colectan, por ejemplo las hojas.

3. Insumos para la preparación de las muestras

Varios insumos se emplean a lo largo de la colección, y para la conservación de los especímenes luego de obtenidos. Se mencionan a continuación.

- Alcohol y otros preservantes. Se utiliza alcohol etílico regular de farmacia o industrial (alcohol a 96° o 70%). Se le emplea puro o escasamente diluido en agua, con hasta 15% de adición de ésta. En el pasado se emplearon preservantes más drásticos como el formaldehído, pero actualmente no se recomienda su uso pues está claro su efecto cancerígeno.
- Papel. Para colocar las muestras en las prensas y para su secado, se emplea papel periódico normal, plegado en el tamaño aproximado 40 cm x 30 cm.
- Costales y bolsas de plástico de diferentes tamaños. Costales, bolsas de plástico gruesas de tamaño grande para guardar los especímenes Dendrológicos ya colectados y en tránsito al secado (unos 100 cm x 50 cm), así como bolsas de tamaños menores para guardar inflorescencias, flores y frutos, son también empleadas.
- Cuerda. Se utiliza cuerda de nylon para atar las prensas y bolsas de plástico más grandes.
- Libretas de campo, lápices de grafito, plumones indelebles o lápices de cera, para el registro de datos de campo y códigos en los especímenes.
- Formularios de registro de datos de campo

4. Procedimiento para la colección de especímenes Dendrológicos y muestras para estudios de ADN

Un espécimen Dendrológico apto para identificación positiva de la especie de árbol está conformado por una ramita terminal incluyendo hojas, flores y frutos del mismo individuo. Los especímenes que se encuentran en estado vegetativo solamente, es decir poseen solamente hojas, permiten una identificación a nivel de especie en algunos casos, en carencia de un estudio Dendrológico particular para el grupo-problema. Por ello es importante la obtención de estructuras reproductivas, flores y frutos, adicionalmente al material vegetativo.

a. Colección de especímenes Dendrológicos

Una vez seleccionado, georeferenciado y marcado el árbol a coleccionar, se procede a ejecutar la colección de los especímenes Dendrológicos. La secuencia de trabajo correspondiente se describe a continuación.

Si el árbol es de pequeño porte, hasta unos 15 m, la colección puede efectuarse usualmente desde el suelo, empleando la TPCT. Dado lo denso del follaje en muchos ambientes de bosque tropical, este trabajo es efectuado por el Técnico Forestal, pero orientado por los trabajadores acompañantes para la visualización de la rama que se desea coleccionar.

Para árboles de mayor tamaño que el señalado, debe procederse a escalar el individuo para acceder a la copa. En este caso, el Técnico entrenado debe situarse al pie del árbol y calzarse los subidores de púas; luego de hecho esto, debe ponerse el cinturón de seguridad y pasar sus correspondientes cables de seguridad alrededor del diámetro del árbol. Finalmente, el operario amarra una cuerda larga a su cinturón, que le permitirá jalar la TPCT y emplearla desde su posición final en la copa del árbol.

El ascenso se inicia asegurando que cada paso que se da hacia arriba en el fuste cuente con un apropiado agarre de las púas en el tronco, y desplazando cables del cinturón de seguridad hacia arriba, conforme se va escalando. El avance es normalmente lento, pues el operario debe asegurar que su sujeción al árbol sea la apropiada a todo lo largo de la subida, para prevenir accidentes.

Una vez que el operario tiene a su alcance las estructuras buscadas para conformar el espécimen Dendrológico, hojas, flores, frutos, sube la TPCT por medio de la cuerda que lleva atada al cinturón; uno de los Trabajadores lo ayuda en esta operación desde el pie del árbol. Una vez en uso de ésta, corta una o varias ramas para que sean recibidas por los trabajadores que han quedado en la cercanía de la base del árbol. Se verifica que el material que ha sido recibido al pie del árbol esté conforme, y el Técnico subidor inicia su descenso siguiendo el procedimiento inverso al descrito para la escalada.

Los especímenes así obtenidos son recortados para darles una dimensión apropiada para la Prensa Botánica. Información sobre el árbol y sobre el espécimen que ha sido coleccionado es registrada empleando la libreta de campo y los formatos correspondientes, si fuese el caso. Se procede a la toma de fotografías del material coleccionado, en fresco.

b. Codificación y prensado

Primeramente, los especímenes obtenidos son codificados. Para los especímenes Dendrológicos procedentes de árboles no marcados, el código está conformado por el nombre del colector y su número correlativo de colección. Para el caso de árboles marcados se emplea una expresión de tres términos, el primero de los cuales corresponde al número de la localización geográfica, el segundo al de la parcela permanente, y el tercero al número correlativo del árbol dentro de la parcela. Los códigos son consignados claramente sobre los pliegos de papel en los que se acomodan los especímenes. Adicionalmente, se amarra una tarjeta

pequeña con el código correspondiente en cada espécimen colectado. Ambas anotaciones se hacen empleando un plumón indeleble, crayón o lápiz de grafito grueso, los cuales tienen la particularidad de no borrarse aun en contacto con los líquidos preservantes que se puedan usar.

Los especímenes de hojas, flores y frutos colectados son acomodados en papel periódico plegado, de tamaño aproximado 40 x 30 cm, y luego colocados dentro de la Prensa Botánica para ser prensados.

Para el acopio de la información morfológica en el campo es importante la participación del Profesional capacitado, cuyo entrenamiento le permita diferenciar las variantes de estructuras importantes, como hojas simples vs. hojas compuestas, con la finalidad de que el espécimen acondicionado constituya una muestra completa de las estructuras fundamentales para el estudio taxonómico y la identificación.

c. **Transporte al campamento base**

Los especímenes colectados a lo largo de la jornada diaria se sacan de las Prensas Botánicas, en las cuales ya han sido convenientemente aplanados entre pliegos de papel periódico, al llegar al campamento o sede de campo. Se atan con cuerda o rafia formando rumbos o grupos de hasta 30 especímenes, y se introducen en una bolsa de plástico grande, de unos 1m x 60 cm. La podredumbre de los especímenes se produce con rapidez en los medios de bosque húmedo tropical. Para evitar esto, una vez completado el paso anterior se les debe adicionar alcohol, controlando que los papeles entre los cuales se hallan las muestras queden humedecidos, pero la bolsa que los contiene no quede inundada de alcohol. Así preparados, la bolsa, que no debe tener agujeros, se cierra herméticamente y se conserva a la sombra. Especímenes Dendrológicos tratados de esta manera pueden conservarse por varios días hasta su llegada a la Sede en Ciudad o Herbario, donde se efectuará el secado.

5. **Colección de especímenes para estudios de ADN**

Varios conceptos básicos sobre las técnicas de secuenciación y análisis del ADN o genoma se tratan en el Anexo 3.

Durante los años pasados se ha producido un aprendizaje en la comunidad científica sobre las modalidades más prácticas y eficientes para la obtención de especímenes para estudios de ADN de especies de árboles tropicales. Particularmente una de ellas ha demostrado ser apropiada en ese contexto. Es la obtención de éstos desde trozos de hojas o láminas foliares. El tamaño deseable es cuadrado, de unos 1-1.5 cm de lado. Dicho material debe obtenerse directamente en el campo, de inmediato luego de efectuada la colección de especímenes Dendrológicos, y depositarse en bolsas con cierre hermético (zip-lock) previamente llenadas

con sílica gel. El corte de la hoja debe efectuarse con una cuchilla descartable, y la operación debe ser cuidadosa para evitar la contaminación de una muestra con otras que puedan ser colectadas en momentos próximos.

Este método asegura la desecación suave y conservación en seco del material. El sílica gel de la bolsa debe examinarse diariamente durante la primera semana, para observar si la coloración de éste cambia, indicando la absorción de exceso de humedad, y debe reemplazarse si fuese el caso. A su llegada al Herbario, los especímenes así obtenidos deben almacenarse en un ambiente completamente seco en sobres de papel con sílica gel. Hay que considerar que para los estudios de secuenciación de ADN son mejores las muestras más recientes, pero totalmente secas. Normalmente se requieren muestras de varios individuos de una especie para poder interpretar apropiadamente su variación.

Una segunda alternativa es la obtención de trozos de la corteza interna, y específicamente del sector correspondiente al cambium, de tamaño similar y con las mismas pautas indicadas para el material foliar. Esta última alternativa no es empleada extendidamente.

Al igual que para todo tipo de espécimen que es colectado de los árboles, se hace preciso codificar claramente el material para mantener su correspondencia con especímenes Dendrológicos. Los estándares de la investigación actual, por ejemplo la aceptación en revistas científicas, está condicionada a la existencia de estos últimos.

Actualmente, el Jardín Botánico de Kew, Londres, ha plasmado la puesta en línea de una base de datos acumulativa de información genómica de plantas, **Plant DNA C-value Database, Royal Botanic Gardens Kew**, que despliega la información de porciones específicas del genoma de especies vegetales. El correspondiente sitio web se muestra en el **Anexo 2**.

6. Consideraciones de seguridad del personal durante el trabajo de colección de especímenes Dendrológicos y de ADN

El trabajo de la Brigada de Colección Dendrológica involucra niveles de riesgo por la exposición a entornos inhóspitos, la acción de escalamiento de los árboles y el uso de equipos cortantes.

Varias pautas de seguridad son básicas en este contexto:

Uso apropiado y mantenimiento de los equipos

Las Tijeras de Podar con Caña Telescópica, los aditamentos Subidores de Púas y su correspondiente Cinturón de Seguridad deben estar en perfectas condiciones antes de iniciar el trabajo. Debe verificarse que todos los puntos de articulación, ensamble y sujeción de estos equipos funcionen correctamente, y que el material que los conforma esté en buen estado.

Todos los equipos mencionados deben probarse con anterioridad al escalamiento de árboles de gran porte, mediante el escalamiento de algunos que tengan porte pequeño, en los cuales se pueda observar el correcto funcionamiento de todos los equipos. Cada herramienta debe ser objeto de un mantenimiento regular; las pautas básicas de ese mantenimiento están indicadas al pie de la descripción de cada equipo.

Medidas de seguridad especial en zonas urbanas o semiurbanas

Graves problemas se han producido cuando se empleó el equipo de colección Dendrológica en medios urbanos o semiurbanos, por no tener los cuidados necesarios en relación a la presencia de cables eléctricos o tendidos de electricidad de alta tensión. La copa o follaje de los árboles que se desea coleccionar pueden camuflar la presencia de cables de electricidad, y el contacto de Tijeras de Podar de mano, Tijeras de Podar con caña Telescópica, cinturones de seguridad, machetes o cualquier otra herramienta de metal con tendidos eléctricos puede resultar en una descarga mortal hacia la persona que está operando estos equipos. Lo más recomendable es abstenerse a realizar colecciones Dendrológicas en estos entornos, salvo que sean imprescindibles. Si fuese el caso, debe revisarse exhaustivamente la zona de adyacencia del árbol a coleccionar para evitar el peligro descrito.

Planes de contingencia de la Brigada de Colección Dendrológica

El internamiento de la Brigada de Colección Dendrológica puede producirse hacia áreas de difícil acceso, en entornos en los cuales hay presentes peligros de diversa índole. Algunos de ellos son la picadura de víboras o insectos venenosos; también, el brote de enfermedades tropicales graves como por ejemplo el paludismo, leishmaniasis y otros, así como la posibilidad potencial de enfrentar accidentes en el trabajo.

Si el ingreso de la Brigada es planificado para varios días, hacia zonas alejadas y con evacuación difícil hacia Hospitales o Centros de Salud mayores, se precisa que antes del

ingreso del personal al campo, se cuente con uno o más Planes de Contingencia elaborados por escrito, debidamente consolidados, socializados y validados por los responsables del estudio o Proyecto. Dichos planes de contingencia son específicos para cada ámbito de trabajo y deben considerar, al menos:

- Definición de funciones, responsabilidades y jerarquía en la toma de decisiones al interior de la Brigada de Colección Dendrológica, en la eventualidad de una emergencia.
- Modalidades de comunicación y contacto continuo entre la Brigada de Colección Dendrológica y el Campamento Base o Sede del Estudio.
- Medidas inmediatas de reacción ante las contingencias posibles.
- Medios, y rutas y personas de contacto para una rápida evacuación del personal hacia un centro Hospitalario si fuese necesario.
- Determinación previa de los centros hospitalarios más cercanos, y apropiados para el tratamiento de diferentes niveles de gravedad de cuadros médicos.

7. Recepción e incorporación de los especímenes en el Herbario; procedimientos y equipos para el secado, montaje e ingreso al Herbario

Los especímenes colectados en el campo pueden ser secados en el campamento o en algún punto urbano accesible, pero lo usual es transportarlos al Herbario apropiadamente acondicionados, para su secado allí. El procedimiento apropiado que acompaña el arribo de los especímenes al Herbario o Laboratorio de Dendrología se describe a continuación.

7.1. Secado y acondicionamiento; incorporación al Herbario y otras colecciones

El Herbario y sus características. El ambiente en el cual se almacenan y preservan especímenes botánicos en general, para su uso en estudios científicos, es el Herbario. Existen Herbarios de tamaño pequeño, hasta aquellos que albergan millones de especímenes. Algunas de las condiciones básicas que deben reunir son contar con espacio suficiente, si fuese necesario control de temperatura y humedad, y ambientes acordes con la secuencia básica de procesamiento de los especímenes, desde uno para su recepción, hasta los correspondientes a almacén, secado, procesamiento, montaje, biblioteca y disposición de material especial como el de epidoteca y carpoteca. También, el espacio central para la disposición o mantenimiento permanente de las colecciones. Son necesarios, del mismo modo, ambientes para los investigadores que se hallan basados en el Herbario, y para sus visitantes.

Con el paso del tiempo, aspectos de la seguridad en el trabajo en los Herbarios han sido analizados y existen lineamientos en ese sentido. La prevención de incendios y la existencia de rutas de evacuación son dos pautas básicas a considerar. Pero tal vez el aspecto en el cual ha habido más reflexión concierne a la preservación de los especímenes, que en el pasado fueron habitualmente curados con sustancias tóxicas, tales como tetracloruro de mercurio, formaldehído, phostoxin, y otras sustancias químicas dañinas para el ser humano. Actualmente, esas formas de curación han sido desechadas, y se les ha reemplazado por el tratamiento rotativo a bajas temperaturas, en congeladores de un tamaño acorde con el de la colección albergada. Se ha hallado que ciclos de temperatura de -18°C hasta -30°C por 17 horas decontaminan las muestras apropiadamente. Con la eliminación de sustancias tóxicas de los Herbarios, se ha conseguido que éstos sean ambientes sanos y seguros para el trabajo de quienes mantienen y estudian las colecciones (Bridson y Forman, 1999).

7.2. Equipo para la rehidratación de especímenes botánicos

Cuando es necesario con fines de su estudio, los especímenes botánicos pueden ser rehidratados y recobrar en alguna medida su forma original. La rehidratación se obtiene por inmersión en agua caliente; las temperaturas deseables fluctúan entre $60-80^{\circ}\text{C}$ y el proceso dura usualmente entre 15 minutos y media hora. Algunas estructuras duras pueden requerir hervido por tiempos cortos, o inmersión previa en agua fría durante todo un día. En casos se puede añadir al agua una pequeña cantidad de detergente, para agilizar y facilitar el proceso. La rehidratación permite efectuar con facilidad y nitidez observaciones de diferentes estructuras, y seccionarlas para poder observar su interior. Detalles diagnósticos como la posición de, cáliz, la corola, los óvulos en el ovario, etc., se hacen observables con el uso de esta técnica.

El equipo de rehidratación de especímenes está compuesto por una cocina pequeña, que alcance temperaturas suficientes para el hervido de agua, y recipientes de vidrio resistentes al calor.

7.3. Equipo de microscopía

En el trabajo de identificación mediante el análisis de caracteres macromorfológicos se emplean usualmente dos tipos de microscopios. El primero, e indispensable, es el microscopio óptico estereoscópico con aumento graduable de 20-60 X; para estudios Dendrológicos, dado el tamaño de los especímenes, se le utiliza usualmente con un aditamento conformado por un brazo largo que permite el barrido de la visual sobre el espécimen en estudio.

Una fuente de luz apropiada es indispensable para el empleo de este tipo de microscopio. Las fuentes de luz recomendables en este caso tienen una salida graduable que permite ampliar o reducir, y enfocar con mucha precisión la luz, acrecentando su intensidad cuando es necesario, para poder visualizar detalles diminutos, tales como la morfología de los pelos en la superficie de diferentes estructuras, o detalles de las anteras, ovarios y óvulos de las flores.

El segundo tipo de microscopio utilizado es el microscopio óptico o digital monocular, con aumento entre 80-150X, el cual se emplea para observar detalles del indumento y algunas superficies diminutas, que no se pueden visualizar con el microscopio estereoscópico.

7.4. Acondicionamiento de especímenes Dendrológicos o botánicos en el Herbario

7.4.1. Registro del ingreso de especímenes. En el Herbario existe un sistema de Base de Datos que acompaña al ingreso de especímenes. Se consigna en éste la fecha, procedencia, forma de preservación, estado de conservación y la fecha en que se efectúa el secado. Adicionalmente, el espacio físico o código del armario en el cual los especímenes secos quedan almacenados en tránsito para ser montados.

7.4.2. Secado.

Equipamiento para el secado de especímenes.

- **Secador o cajón secador.** De manera estándar, se emplea con excelentes resultados un cajón de madera cerrado que cumpla con las siguientes características:

(1) dimensiones interiores compatibles de modo preciso con las de las prensas botánicas, y una pestaña interior que permita calzarlas dentro de éste (2) cuerpo elevado unos 20 cm sobre el nivel del piso por medio de patas. Este diseño permite que aire caliente, procedente de una estufa o fuente de calor situada en el piso, circule hacia arriba en el secador, acarreado consigo la humedad de los especímenes, y secándolos de manera continua y gradual.

- **Estufa o fuente de calor.** Se usa con buen resultado una cocina a gas de una hornilla, con su respectivo balón. La cocina se pone dentro del secador, en el piso, y la hornilla se cubre con una pieza de latón suficientemente grande como para evitar que las flamas hagan contacto directo con los especímenes.
- **Aluminios y cartones corrugados.** Éstos, de tamaño ligeramente mayor al de los especímenes, se emplean para acomodarlos entre éstos, incrementando el calor y efecto de secado.

Procedimiento del secado de especímenes Dendrológicos

El secado puede hacerse en el campo, pero esto suele ser difícil, y no proporciona un secado apropiado. Por esta razón, los especímenes suelen ser temporalmente preservados y remitidos prontamente al Herbario para ser secados.

El secado se realiza colocando los especímenes Dendrológicos nuevamente dentro de prensas botánicas, cada uno de ellos acomodado en un pliego de papel periódico, entre cartones corrugados y aluminios corrugados. De esta manera se arma el contenido de la prensa botánica acomodando grupos de especímenes que hagan un espesor conjunto de unos 30-40 cm; éstos son prensados fuertemente y se colocan en el Secador. Sus pestañas interiores permiten calzar las prensas exactamente dentro de éste; una vez completada con prensas y especímenes la longitud correspondiente del Secador, se procede al secado con una fuente de calor continuo y uniforme, bajo vigilancia permanente. Conforme los especímenes se van secando, se deshidratan ocasionando que el prensado se afloje, por lo cual hay que ajustar las correas de las prensas varias veces durante la operación de secado, para mantener una buena presión sobre los especímenes, y que estos se sequen completamente planos.

El secado completo de los especímenes se confirma cuando éstos, los pliegos de papel y los cartones corrugados están completamente secos; bajo esta condición, todas las estructuras de cada espécimen adquieren total rigidez, incluyendo pétalos de las flores, hojas y cualquier otra estructura foliácea.

Técnica correcta y precauciones durante el secado

El procedimiento de secado de especímenes botánicos se basa en la deshidratación paulatina de éstos, lo cual permite la preservación de sus estructuras; es contrapuesto a cocinarlos con calor excesivo y escasa ventilación. Un buen secador permite un movimiento continuado y parejo de aire caliente que asciende a través de los especímenes.

El secado requiere monitoreo y supervisión permanente durante todo el proceso, tanto para asegurar la calidad de éste, como para prevenir accidentes como incendios del material colectado e inclusive los de ambientes cercanos. Debe hacerse en lugares suficientemente aislados de otros ambientes, y sobre todo de materiales o infraestructuras inflamables.

Una pauta esencial durante el secado es el mantenimiento permanente de la numeración o códigos existentes en las muestras que se están procesando, para evitar la pérdida o confusión en los códigos.

Montaje e incorporación al Herbario

Una vez que los especímenes están totalmente secos, pueden preservarse en un ambiente con humedad cero (controlada) y baja temperatura; de no ser esto posible, es deseable humedad muy reducida y baja temperatura. Bajo la primera condición, pueden durar centurias sin deteriorarse. Es prueba de ello el mantenimiento de muchas colecciones históricas, como las de Linneo; los momentos de gran actividad de éste estuvieron alrededor de 1750, hace más de 250 años. Varios otros Herbarios históricos, como los de Humboldt, Darwin, etc. se hallan actualmente conservados y en óptimo estado.

Los Especímenes Dendrológicos secos son montados en piezas de cartulina de 42 x 28 cm o tamaños aproximados. Algunos Herbarios han empleado tradicionalmente cartulinas de tamaño ligeramente más grande o más pequeño, de acuerdo a sus necesidades específicas. Los especímenes de plantas pueden ser pegados con goma o cosidos con hilo. En ambos casos se desea que los especímenes queden sujetos por sus partes más resistentes, por ejemplo las ramitas terminales, de modo que no se suelten. En el primer caso, se desea también que el uso de goma o cola no sea excesivo, y que eventualmente permita despegar cuidadosamente el material sin que éste quede destruido.

Los especímenes así montados son colocados directamente dentro de pliegos de cartulina, o en previamente dentro de pliegos de papel y luego en pliegos de cartulina que exceden levemente el tamaño del espécimen. Estos últimos dan una protección adicional al espécimen;

en ellos se consigna el nombre de la especie, y en los Herbarios grandes, el área geográfica o continente de procedencia.

Cada Espécimen Dendrológico ya montado, lleva adosados en la correspondiente cartulina algunos adicionales:

- **Ficha de colección.** Ésta es una pieza de papel de pequeño tamaño, unos 10 x 8 cm, que se ubica normalmente en el ángulo inferior derecho del espécimen. Incluye todos los datos importantes para la identificación y otros estudios posteriores. Son importantes dentro de ellos el nombre completo del colector, su correspondiente número sucesivo de colección, y el código o numeración del árbol de ser el caso. También, los detalles de la ubicación geográfica de la colección, país, departamento, provincia, distrito, localidad, coordenadas de ubicación y detalles de cómo acceder al punto exacto de colección; también la fecha de colección. Es importante consignar detalles relevantes de la morfología de la planta, que por ser diagnósticos puedan ayudar a identificarla, sobre todo aquellos que se pierden en el secado, como el color de las flores, la presencia de secreciones, los detalles del porte del árbol, y otros.
- **Número de acceso del espécimen.** Éste es un número cuyo objeto es individualizar exactamente cada pliego de cartulina que porta un espécimen, pues en casos, hay varios duplicados de una colecta efectuada por el colector, y consecuentemente el número de colección representa varios pliegos con sus correspondientes especímenes. Se ha empleado tradicionalmente numeración sucesiva marcada a mano en las cartulinas, o un matasellos con numeración sucesiva para este fin. En años recientes, muchos Herbarios han optado por pegar un pequeño trozo de plástico o cartulina plastificado con código de barras; en otros este sistema no ha sido aceptado, pues se argumenta que los especímenes ya tienen una numeración asignada y este sistema la duplica innecesariamente; también, que este material se despega con el tiempo, generando un problema que es muy perceptible sobre todo en Herbarios grandes, en los cuales los especímenes se cuentan por millones. Actualmente, cualquiera de las modalidades mencionadas es considerada aceptable, aunque el uso de códigos de barras, por su facilidad para digitalizar la información, se halla en proceso de generalización.
- **Sobres de papel para conservación de fragmentos.** Igualmente, en la mayor parte de los casos los especímenes suelen contener fragmentos desprendidos en el proceso de colección, secado o montaje, hojas, flores, semillas, etc.; es recomendable conservarlos aparte, en sobres de una dimensión apropiada para cada caso. Los tamaños estándar se estos sobres son 7 x 5 cm, 5 x 4 cm e inclusive 12 x 9 cm y 17 x

9 cm, aunque pueden prepararse con papel de cualquier dimensión que se requiera para casos particulares.

- **Trozos de papel con anotaciones.** Con el paso del tiempo y conforme un espécimen es estudiado, las identificaciones deben ser anotadas por aquellos que las están proveyendo, indicando el nombre del estudioso o especialista, el acrónimo o abreviatura de su institución y la fecha. Los especímenes Tipo son también anotados de esta manera; para ambos casos, de manera estándar, se emplean trozos de papel con dimensión aproximada de 7 x 2 cm. Estas anotaciones pueden ser pegadas o prendidas con un alfiler sobre la cartulina. Acciones adicionales sobre el espécimen, como la toma de fragmentos para estudios más avanzados, por ejemplo disecciones de las flores, estudios de polen, de las superficies foliares, etc., se dejan consignados por medio de una nota en un trozo de papel pequeño pegado en el espécimen, indicando la estructura tomada, la persona que efectuó el retiro del material, la fecha y la razón del estudio.

8. Consideraciones sobre el material de montaje y anotación

Cuando se examina el uso de materiales en el Herbario en la perspectiva del mantenimiento al largo plazo de las colecciones, se hace claro que una elección apropiada es importante para evitar constantes gastos y esfuerzos de mantenimiento de los especímenes, que pueden hacerse desmesurados si consideramos que las colecciones incrementan su tamaño conforme pasa el tiempo, y pueden llegar a contar con decenas de miles, y hasta millones de especímenes.

El paso del tiempo ha hecho comprender que determinados tipos de papel y cartulina, como aquellos procedentes de pulpas tratadas químicamente con ácidos, se deterioran en plazos relativamente cortos, de pocas décadas. En contraposición, papeles manufacturados por procesos mecánicos tienen muy alta durabilidad si se les conserva en ambientes con baja humedad y temperatura. Por esta razón, es recomendable emplear, para el montaje de los especímenes y labores asociadas en los Herbarios, papel o cartulina libres de ácido (acid-free).

Las formas como se han anotado especímenes, según ahora podemos saber, han tenido diferentes lapsos de durabilidad. Las anotaciones más perdurables son aquellas que se hacen a lápiz, o con tinta china líquida. Las anotaciones con lapicero y plumón tienen deficiente durabilidad, al igual que las tintas de algunas impresoras actuales, por lo cual, dentro de éstas, es preferible usar las impresoras de puntos, aunque aun no hay un conocimiento completo sobre los rangos de durabilidad de estos insumos modernos.

Dentro de los pegamentos, se prefieren aquellos que son de pH neutro y pueden conservar su adhesividad por mucho tiempo; uno actualmente recomendado es el fabricado con acetato de polivinilo.

9. Consideraciones sobre la manipulación y el uso de los especímenes

El Director o responsable de un Herbario es también llamado Curador, palabra que implica una responsabilidad sobre la conservación de los especímenes allí albergados. Los Herbarios hacen esfuerzos en el mantenimiento de sus colecciones y procuran que éstas queden accesibles a toda persona que, responsablemente, tenga necesidad de estudiarlas. El cuidado en la manipulación de las colecciones es imprescindible, y los Curadores pueden negar el acceso a las colecciones a personas que no demuestren un compromiso en ese sentido. Los especímenes se manipulan manteniéndolos siempre horizontales para evitar la caída y pérdida de fragmentos; la extracción de cualquier estructura de éstos, como es el caso de flores para la disección y estudio morfológico detallado, debe siempre ser consultada con el curador. En el caso mencionado, el material estudiado se devuelve luego al espécimen, en el cual se conserva en un sobre.



1. **Equipo de colección de especímenes Dendrológicos.** A. tubos de aluminio para Tijera de Podar con Caña Telescópica; B-E, botones con resorte para ensamble de los tubos.



A



B

2. **Equipo de colección** de especímenes Dendrológicos: A. Cabezal de la Tijera de Podar con Caña Telescópica; B. Tijera de podar de mano.



3. **Equipo de colección de especímenes Dendrológicos:** Derecha, escalamiento de un árbol con el equipo de colección; izquierda cinturón-arnés de seguridad.

A



B



4. Equipo de colección de especímenes Dendrológicos: Prensas botánicas A, tipo rejilla; B, tipo plano.



A



B



C

- o
5. Procedimiento para acomodar los especímenes en la prensa botánica. A-B, Los especímenes se extienden en los pliegos de papel; C, se apilan para ser prensados.

A



B



C



14. **Equipo para el secado de especímenes: Cajón secador.** A, vista de arriba; se aprecian las pestañas interiores donde se calzan las prensas botánicas. B, vista lateral; se observa la abertura en la parte inferior, por la cual ingresa aire fresco. C. Vista de una prensa botánica calzada en la correspondiente pestaña interior del secador.



Prensas botánicas con especímenes, listas para secado en el cajón secador.

15.



16. Espécimen Dendrológico ya seco (arriba); espécimen montado y acondicionado en la colección del Herbario (abajo)

ANEXO 6

FORMULARIOS PARA LA TOMA DE DATOS

FORMULARIO DENDROLÓGICO 1

REGISTRO DE NOMBRES COMUNES, PERSONAL DE CAMPO Y

CARACTERIZACIÓN DENDROLÓGICA DEL ÁRBOL COLECTADO

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
Región:	Localidad:	Parcela:	Código del árbol:
Nombre(s) común(es) del árbol:			
PERSONAL DE CAMPO - BRIGADA DENDROLOGÍA			
Jefe de Brigada:		Matero:	
Fecha de colección:			

CARACTERIZACIÓN DENDROLÓGICA DEL ÁRBOL COLECTADO

(SE INCLUYEN PRINCIPALES LAS ESTRUCTURAS DIAGNOSTICAS)

REFERENCIA PARA LA CARACTERIZACIÓN: Reynel, C. *et al.*, 2003. Árboles útiles de la amazonía peruana y sus usos. Ed. Tarea, Lima. 536 pp.

ESTRUCTURAS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES / CÓDIGO DE FOTOGRAFÍAS
PORTE Y RAMIFICACIÓN		
CORTEZA EXTERNA		
CORTEZA INTERNA		
SECRECIONES		
HOJAS		
FLORES		
FRUTOS		

PROFESIONAL DENDRÓLOGO RESPONSABLE:

RECEPCIÓN DE ESTE FORMULARIO Y FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS POR RESPONSABLE INF

NOMBRE, FIRMA, FECHA:

FORMULARIO DENDROLÓGICO 2

INFORMACIÓN SOBRE MATEROS O PERSONAL QUE PROPORCIONA LOS NOMBRES COMUNES DE LOS ÁRBOLES

INFORMACIÓN SOBRE MATEROS

NOMBRE COMPLETO:

EDAD:

LUGAR DE NACIMIENTO:

LUGAR DE RESIDENCIA:

DÓNDE / CON QUIÉN APRENDIÓ A RECONOCER A LOS ÁRBOLES:

DATOS DE CONTACTO (EJM. DIRECCIÓN, TF., EMAIL):

PROFESIONAL DENDROLOGO RESPONSABLE:.....

RECEPCIÓN DE ESTE FORMULARIO POR RESPONSABLE INF

NOMBRE, FIRMA, FECHA:

FORMULARIO DENDROLÓGICO 3

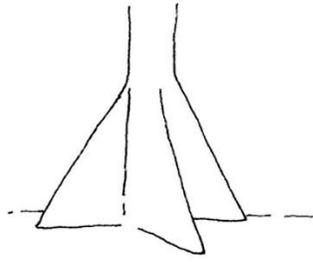
INFORMACIÓN SOBRE DEPÓSITO DE ESPECÍMENES DENDROLÓGICOS Y SUS IDENTIFICACIONES TAXONÓMICAS EN HERBARIO

NÚMERO DE COLECCIÓN	CÓDIGO ÁRBOL (CUANDO CORRESPONDA)	HERBARIO DE DEPÓSITO	IDENTIFICACIÓN EN HERBARIO (Género, especie, Familia)	PROFESIONAL QUE IDENTIFICÓ O ACTUALIZÓ LA IDENTIFICACIÓN	FECHA DE IDENTIFICACIÓN O ACTUALIZACIÓN

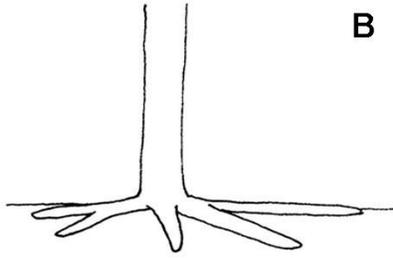
NOMBRE, FIRMA DEL PROFESIONAL QUE HACE RECEPCIÓN EN EL HERBARIO Y FECHA.....

PROFESIONAL DENDRÓLOGO QUE DEPOSITÓ LAS MUESTRAS:

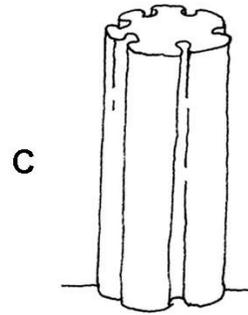
RECEPCIÓN DE ESTE FORMULARIO POR RESPONSABLE INF
NOMBRE, FIRMA, FECHA:



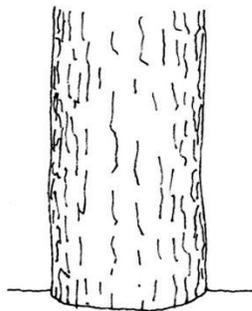
A



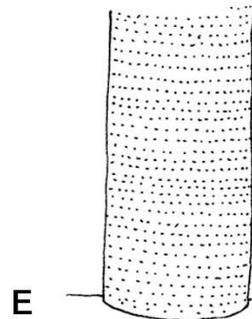
B



C

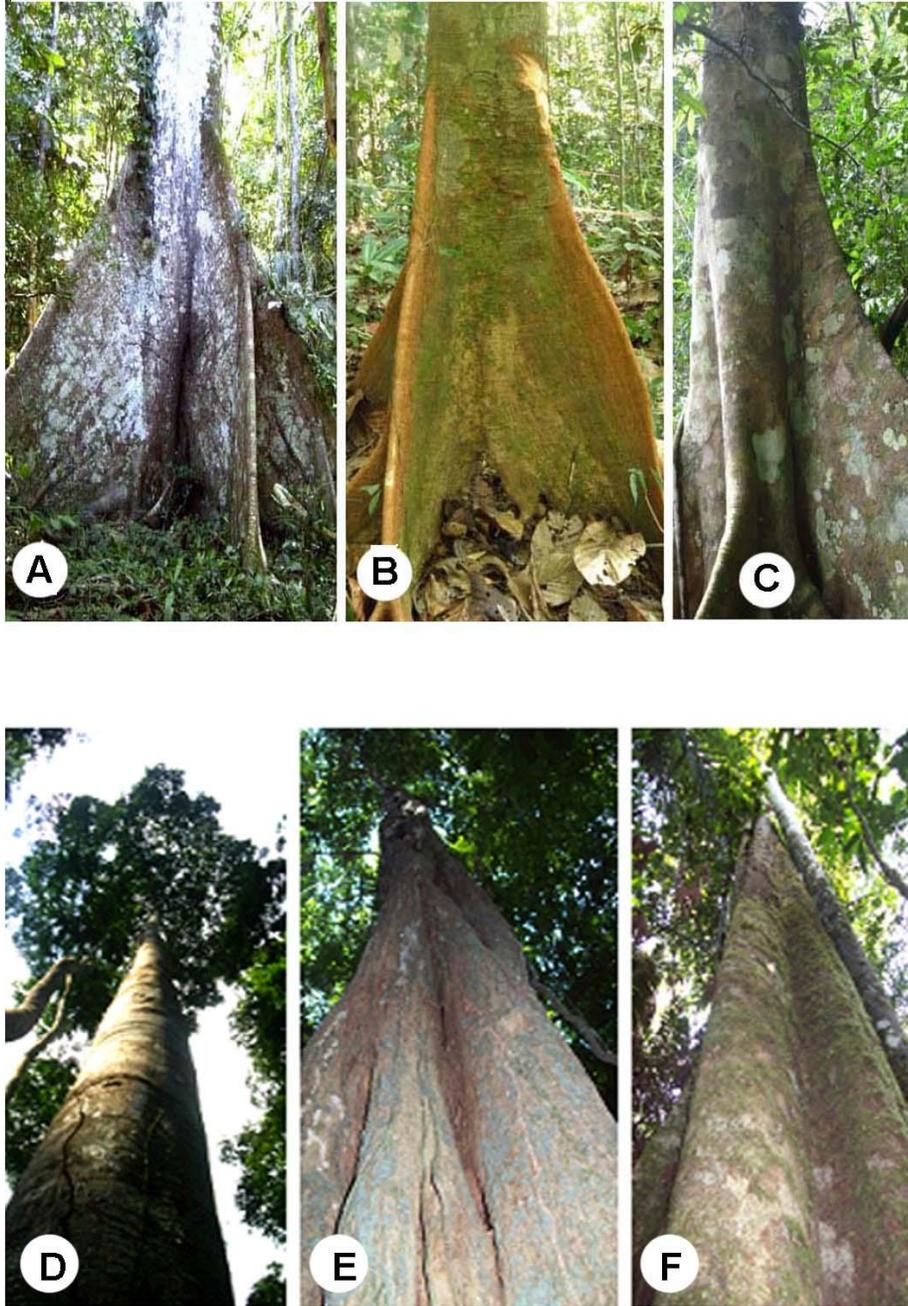


D

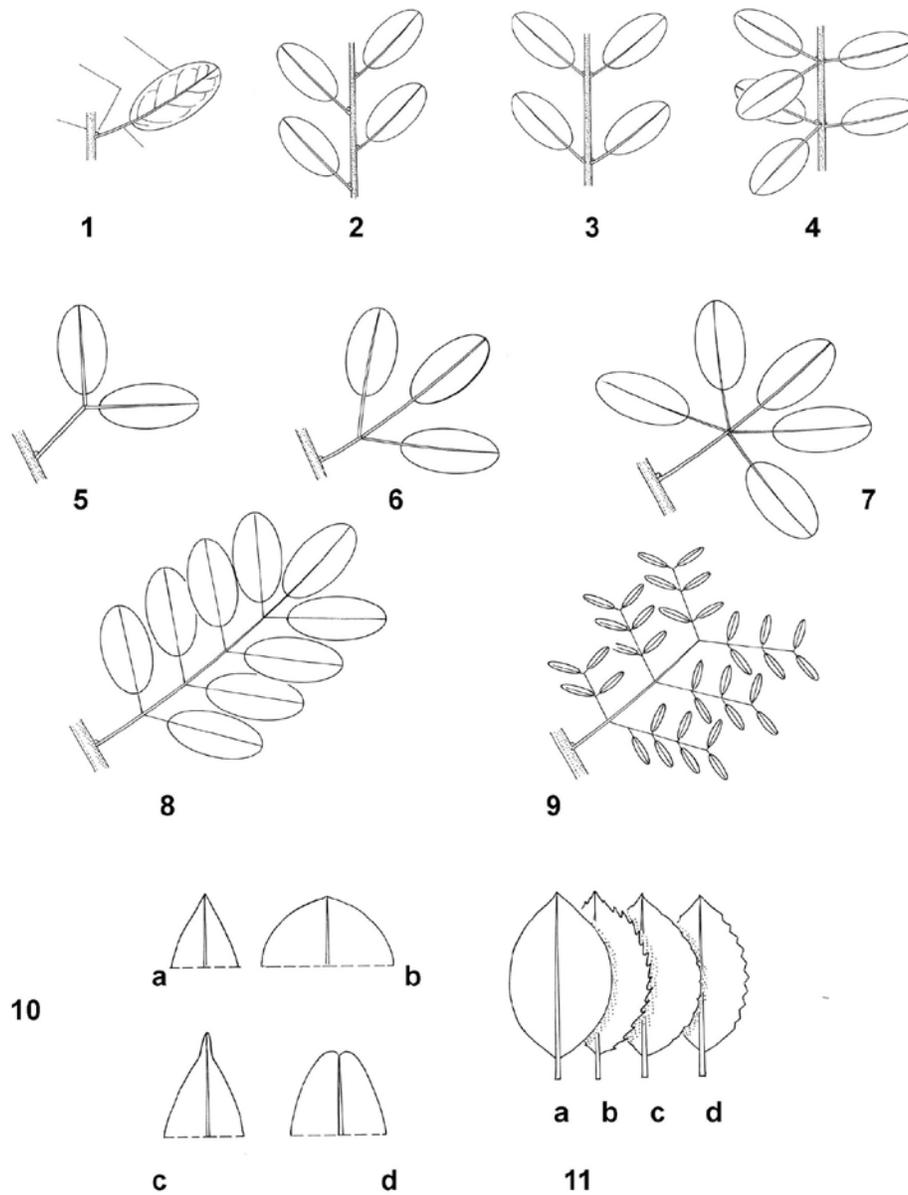


E

Caracteres morfológicos del fuste, raíces y cortezas de especies arbóreas. A. Raíces Tablares o Aletas. B. Raíces superficiales. C. Fuste acanalado. D. Fuste recto, corteza agrietada. E. Fuste recto, corteza lenticelada. Ver también el Anexo 2.



Caracteres del fuste y las raíces de especies arbóreas. Raíces tablares o aletas; A, grandes; B-C, medianas. Fustes; D, recto; E-F, acanalado.



Caracteres morfológicos de Hojas. 1. Hoja simple. 2. Hojas simples alternas. 3. Hojas simples opuestas. 4. Hojas simples verticiladas. 5. Hojas compuestas bifoliadas. 6. Hojas compuestas trifoliadas. 7. Hojas compuestas digitadas. 8. Hojas compuestas pinnadas. 9. Hojas compuestas bipinnadas. 10. Formas de ápice de las láminas: a, agudo, b, obtuso, c, acuminado, d, emarginado. 11. Formas de borde: a, entero, b, aserrado, c, dentado, d, crenado.