

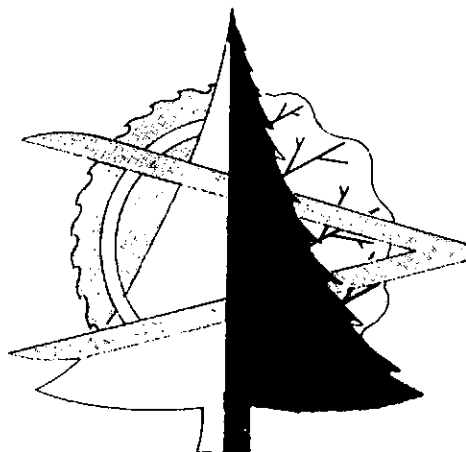
6
H.1225
T 18
V

PROYECTO UNSE/GTZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SANTIAGO DEL ESTERO - UNSE**

**AGENCIA ALEMANA
DE COOPERACION TECNICA - GTZ**

Facultad de Ciencias Forestales - FCF



SERIE TECNICA FORESTAL

Volúmen 2

**Manuales de Campo del Inventario Forestal
de los Departamentos Copo y Alberdi, Provincia de Santiago del Estero**

(Percepción Remota, Dasometría y Dendrología)



**Dr. Ing. Ftal. Martín Thren
Ing. Ftal. Hugo R. Zerda
Ing. Ftal. Ana M. G. de Bolzón
Ing. Ftal. Graciela Moglia de Lugones**

Santiago del Estero, Argentina, diciembre de 1993

PREFACIO DE LA SERIE TECNICA FORESTAL

--- . —La Serie Técnica Forestal nació dentro del marco de la colaboración del Proyecto Argentino-Alemán (UNSE-GTZ) y tiene como objetivos:

- Documentar trabajos de investigación
- Divulgar y publicar temas técnicos y científicos de mayor importancia para la ciencia y la práctica.
- Hacer conocer las actividades de la Facultad de Ciencias Forestales y de sus institutos y mejorar la comunicación entre facultades forestales nacionales y extranjeras.
- Editar apuntes para los estudiantes forestales de nuestra facultad, para apoyo de las clases.

Agradezco el apoyo de ambos organismos, la Universidad Nacional y la GTZ, que facilitaron la edición de esta Serie.



Dr. Ing. Ftal. Martín Thren
Coordinador del Proyecto
UNSE/GTZ

Manuales de Campo

del Inventario Forestal de los Departamentos Copo y Alberdi, Provincia de Santiago del Estero

-
- Primera Parte: Dasometría
 - Segunda Parte: Percepción Remota
 - Tercera Parte: Dendrología

Proyecto de colaboración entre
La Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)/
Consejo Federal de Inversiones (CFI), Buenos Aires

y

La Provincia de Santiago del Estero/
Consejo Federal de Inversiones (CFI), Buenos Aires

Santiago del Estero, Mayo 1992
Segunda Edición, Diciembre 1993

PREFACIO

b

Los manuales de trabajo de campo se basan en la propuesta del Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero/ República Argentina, presentado al CFI en Septiembre de 1991 (dirección: Dr. M. Thren).

El Inventario se realiza a través de un convenio entre la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) y el Consejo Federal de Inversiones (CFI) y de un convenio entre la Provincia de Santiago del Estero y el Consejo Federal de Inversiones (CFI).

Se planifica la realización del Inventario de la Provincia en diferentes fases y etapas. La primera fase con un Inventario de los Departamentos Copo y Alberdi se subdivide en dos etapas: Una primera etapa de mapeo preliminar del área en base de imágenes satelitarias y un primer muestreo para la determinación de la densidad del muestreo final. Una segunda etapa para la realización del muestreo final.

La toma y el procesamiento de los datos del campo se realizan a través de la colaboración entre los grupos del campo, establecidos por la Dirección General de Bosques y los equipos de trabajo del Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques en las materias Percepción Remota, Estadística, Dendrología, Dasometría, Inventarios Forestales y Ordenación de Montes. Dentro de esta colaboración se han elaborado tres manuales para el apoyo del trabajo de campo:

- En la materia Dasometría un manual de trabajo de campo para los parámetros dasométricos (Por Dr. Ing. Ftal. M. Thren)
- En la materia Percepción Remota una introducción al uso de imágenes satelitarias Landsat TM en el mapeo de bosques e inventarios forestales (Por Ing. Ftal H. R. Zerda)
- En la materia Dendrología un manual de reconocimiento a campo de las especies arbóreas de la región chaqueña seca (Por Ing. Ftal. A.M. Giménez de Bolzón e Ing. Ftal. G. Moglia de Lugones)

Se ha previsto una publicación de tales manuales dentro de la Serie Técnica Forestal para llevar la información a un público forestal más amplio.

Varias personas han prestado su apoyo en el establecimiento del concepto del Inventario. Debemos hacer mención especial a la Ing. J. Gallo del ex- IFONA y al Prof. Dr. A. Akça de la Universidad de Goettingen, Alemania.

Agradecemos igualmente a los autores del manual de operaciones del Inventario Forestal de la Provincia de Tucumán (CFI), que ha servido como base para el establecimiento del manual de Dasometría y a los directores de los grupos de campo, Ing. Daniel HERNANDEZ y Ing. Fernando PERLO por su participación en la elaboración de la segunda edición del manual de Dasometría.

Los Autores

Primera Parte

CONVENIO ARGENTINO-ALEMAN: UNSE-GTZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO - UNSE
AGENCIA ALEMANA DE COOPERACION TECNICA- GTZ
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INSTITUTO DE SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES**

DASOMETRIA

MANUAL DE TRABAJO DE CAMPO

**(con referencia al Inventario Forestal de los Departamentos COPO y
ALBERDI, Provincia de Santiago del Estero, Argentina)**

**Martín Thren
Dr. Ingeniero Forestal**

1993

Indice

Prefacio	3
1. Introducción y Objetivos	4
2. Objetivo del Manual de Operaciones	6
3. Estructura de la unidad de muestreo	6
4. Ubicación del bloque y de los centros de parcelas en el terreno	6
5. Establecimiento de las parcelas de muestreo	11
6. Relevamiento de los datos de la planilla 1 (datos dasométricos)	12
6.1 Datos generales	12
6.1.1 Documentación del tiempo para el acceso al bloque	12
6.1.2 Datos generales de la planilla	13
6.1.3 Especie	13
6.1.4 Código	13
6.1.5 Posición de los árboles dentro de las parcelas/angulo	15
6.1.6 Posición de los árboles dentro de las parcelas/distan.	15
6.1.7 Rectitud del fuste	15
6.1.8 Ramas principales	15
6.1.9 Ramas adventicias	16
6.1.10 Estado sanitario	16
6.1.11 Diámetro a la altura del pecho	16
6.1.12 Medición de la altura del fuste	19
6.1.13 Medición de la altura total	20
6.1.14 Observaciones	22
7. Relevamiento de los datos de la planilla 2 (regeneración)	22
7.1 Objetivos	22
7.2 Forma de muestreo	22
7.3 Trabajo de campo/ sistemática de las operaciones	22
-- Planillas	24f

PREFACIO

Este manual de trabajo de campo se basa en la propuesta del Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero/ República Argentina, presentado por los autores al CFI en Septiembre de 1991.

El Inventario se realiza a través de un convenio entre la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) y el Consejo Federal de Inversiones (CFI) y de un convenio entre la Provincia de Santiago del Estero y el Consejo Federal de Inversiones (CFI)

Se planifica la realización del Inventario de la Provincia en diferentes fases y etapas.

La primera fase con un Inventario de los Departamentos Copo y Alberdi se subdivide en dos etapas:

Una primera etapa de mapeo preliminar del área en base de imágenes satelitarias y un primer muestreo para la determinación de la densidad del muestreo final. Una segunda etapa para la realización del muestreo final.

Se proponen inventarios de otros Departamentos de la Provincia en el futuro.

La toma y el procesamiento de los datos del campo se realizan a través de la colaboración entre los grupos del campo, establecidos por la Dirección General de Bosques y los equipos de trabajo del Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques en las materias Percepción Remota, Estadística, Dendrología, Dasometría, Inventarios Forestales y Ordenación de Montes. Además se cuenta con la colaboración técnica del Instituto de Dasometría y Ordenación de Montes de la Universidad de Goettingen, Alemania.

Varias personas han prestado su apoyo en el establecimiento del concepto del Inventario. Debemos hacer mención especial a la Ing. J. Gallo del IFONA y el Prof. Dr. A. Akça de la Universidad de Goettingen.

Agradecemos igualmente a los autores del manual de operaciones del Inventario Forestal de la Provincia de Tucumán (CFI), que ha servido como base para el establecimiento de este manual de campo y a los directores de los grupos de campo, Ing. Daniel HERNANDEZ y Ing. Fernando PERLO para su participación en la elaboración de la segunda edición de este manual.

1. Introducción y Objetivos

El Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero, Departamentos Copo y Alberdi, será realizada a través de una locación de obras con la Universidad Nacional de Santiago del Estero, representado por el Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA)- en Convenio con la Pca. de Santiago del Estero, representado por la Dirección General de Bosques.

Tal Inventario se realizará en dos etapas definidas, la primera referida a la elaboración cartográfica a través de imágenes satelitarias LANDSAT TM y de un muestreo piloto que permitirá definir la variabilidad del bosque a fin de establecer el tamaño definitivo del muestreo que conformará la segunda etapa conjuntamente con el resto de los trabajos de campo y de gabinete.

Se plantea un estudio que tiene como objetivo general el Inventario Forestal y mapeo de Uso de la Tierra con el propósito de conocer las existencias maderables y las superficies fundamentalmente de bosques que permitirán iniciar una ordenación física de los recursos que facilite en el futuro el manejo de los mismos.

Para alcanzar este objetivo se utilizarán imágenes satelitarias en formato digital siguiendo métodos establecidos y comprobados en la disciplina del estudio.

Esta se complementará con tareas de campo en las que además se obtendrán los datos sobre los diferentes parámetros del bosque.

Los objetivos específicos para la primera etapa son:

- Levantamiento de la cobertura forestal y uso de la tierra en escala 1/ 100.000
- Estimación de grandes tipos forestales (composición de bosques por fisionomía y densidad)
- Estimación de la variabilidad del área basal para una primera definición de la densidad de los muestreos de la segunda etapa
- Obtención de los datos iniciales a usar en la segunda etapa para la estimación de los volúmenes comerciales y el establecimiento de tablas de volumen, cocientes de forma y la estimación de crecimientos para las especies forestales más importantes

Los objetivos específicos para la segunda etapa son:

- Densificar la red de muestreo de tal manera a fin de tener una estimación del área basal de la masa boscosa con un error igual o menos de 15% por unidades de bosques
- Establecer tablas de volumen comercial y volumen de fuste para las especies Quebracho colorado, Quebracho blanco, Algarrobos, Guayacán, Itín y otras.
- Establecer modelos de crecimiento para las especies mencionados arriba.

Los datos de campo serán obtenidos a partir de 9 parcelas concéntricas de muestreo distribuidas dentro de cuadros (= bloque (castell.), = tract (ingl.) o = Trakt (alem.)), los que conforman las unidades de muestreo.

La distribución de las unidades de muestreo o bloques seguirá un esquema sistemático equiespaciado. Su red básica se establece a través las cuadrículas 10 * 10 km del sistema de coordenadas GAUSS- KRÜGER. El lugar del centro se define a través de las coordenadas de la imagen rectificadas de los dos departamentos.

Es esta parte al lado del reconocimiento de las unidades de bosques (imagen satelitaria/ campo) que se encuentra contemplada en el presente manual. La parte de percepción remota se encuentra en la guía correspondiente que se realizó como publicación independiente de las obligaciones de contrato (ZERDA, 1992).

En la planificación del Inventario Forestal se tomó en cuenta la posibilidad de una evaluación futura de crecimiento y variabilidad de densidad/ composición del bosque. Para eso - y al contrario a inventarios forestales pasados - todas las unidades de muestreo serán establecidas como permanentes, un sistema de muestreo que reducirá además en inventarios forestales futuros el error de representación.

La red de estos muestreos puede ser también la base de sistemas futuros de monitoreos ecológicos y otros estudios.

Los planeadores tienen conciencia de la importancia de la accesibilidad de los muestreos y de su clasificación. Por eso, los grupos de campo van a disponer de un material cartográfico amplio en diferentes temas y escalas:

Impresiones y fotografías en color de las imágenes satelitarias en escala aproximada 1/50.000, impresiones de mapas en color en escala 1/100.000, copias de los mapas del IGM en escala 1/250.000 y un mapeo catastral actualizado.

Dentro de la planificación del inventario forestal se hicieron estudios de tiempo (tiempo necesario para el acceso al muestreo, tiempo necesario para la medición del muestreo). Los resultados de estos estudios - que se hicieron en otros departamentos - indicaron, que la medición de una unidad de muestreo (bloque) se puede realizar generalmente por día. Factores, que influyen el avance de medición son la distancia del muestreo del camino, la composición y densidad del bosque/sotobosque, el tiempo, la planificación/ coordinación del trabajo de campo y la velocidad de trabajo de los grupos de inventario.

Para planificar más detalladamente el tiempo necesario para la segunda etapa, los grupos de campo deberán documentar en la planilla de campo No. 3 por cada muestreo los pasos de tiempo necesarios para su realización. En caso de lluvias, que no permiten el acceso al muestreo, los responsables de los grupos necesitan conseguir una constancia policial como documento oficial.

Se menciona aquí, que los grupos de campo tomarán datos de muestreo que servirán después para la extrapolación de la masa boscosa de la Provincia. Cada inexactitud en la medición significa un error notable en el resultado final, no solamente para este

inventario, sino también para los inventarios siguientes. Por ello, los grupos de campo deben respetar las indicaciones del Manual de Operaciones.

2. Objetivo del Manual de Operaciones

El presente Manual de Operaciones ha sido confeccionado con el propósito de servir de guía y consulta para la ejecución de las tareas de campo correspondientes al Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero. Por su confección se utilizó parcialmente el Manual de Operaciones del Inventario de la Pca. de Tucumán, presentado por los autores WABO, TAKAHASHI, PEREZ y TOLONE. Agradecemos a los autores por su disponibilidad.

En su contenido se han volcado las operaciones a realizar, la forma de llevarlas a cabo y soluciones para situaciones especiales previstas. El manual contiene, además, cuadros y figuras con información de interés o aclaratoria.

Todo el personal que participe en la toma de datos a campo deberá proceder conforme a los lineamientos expuestos en el presente manual. Aquellas situaciones excepcionales no previstas en su contenido deberán ser resueltas por el personal técnico de acuerdo con su criterio, informando inmediatamente a la dirección del proyecto a fin de unificar procedimientos.

La descripción del uso de las planillas se encuentra integrado en el manual.

Además, se acompaña un manual de especies, establecido por las Ing. Forestales A. M. de Bolzón y M. de Lugones y la guía suplementaria de Percepción Remota, establecido por el Ing. Forestal R. Zerda.

3. Estructura de la unidad de muestreo

a) La unidad de muestreo, denominada **bloque**, es un conglomerado de parcelas circulares, dispuestos sistemáticamente sobre los lados de un cuadro con una parcela al centro.

b) Cada bloque posee **9 centros de parcelas circulares concéntricas de carácter permanente**. Uno en cada vértice del cuadro, uno en el punto medio de cada lado del cuadro y uno en el centro del trakt, también centro del muestreo.

c) La forma y dimensiones del bloque corresponden al plano horizontal. Cada lado del bloque posee una **longitud de 200m** y la distancia entre centros de parcelas contiguos es de 100m sobre los lados del cuadro.

d) En el terreno, los lados del bloque se disponen en sentido **Norte- Sur y Este- Oeste**, tomando como referencia el polo norte magnético. El lado I del cuadro es el que queda orientado hacia el Sur. Los restantes se numeran a partir de éste, en forma correlativa y en **sentido horario** (fig 1).

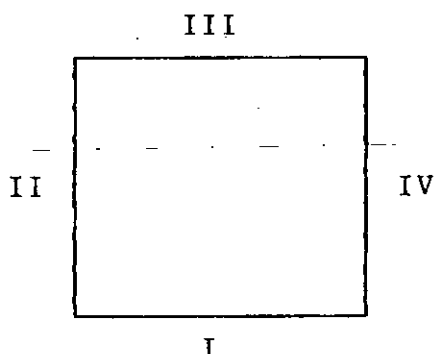


Fig. 1: Orientación de los lados del bloque (unidad de muestreo)

e) El punto de referencia que identifica la posición del bloque sobre el terreno es el **centro de la parcela que se encuentra en el centro del bloque, en mismo tiempo la parcela No. 1**. La parcela No. 2 se encuentra en la mitad del lado I, los restantes parcelas se numeran a partir de este, en forma correlativa y en sentido horario (fig.2).

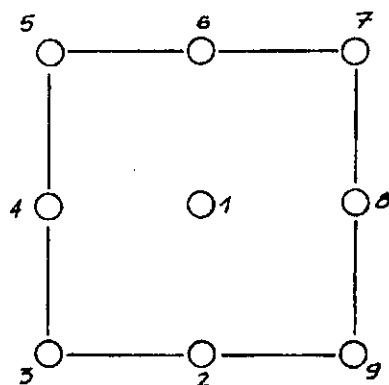


Fig. 2: Posición de las parcelas dentro del bloque

f) Cada centro de parcela sostiene **2 parcelas circulares concéntricas**:

- de **100 m²** con un radio correspondiente de **5,64m** y
- de **1000 m²** con un radio correspondiente de **17,84m** (fig. 3).

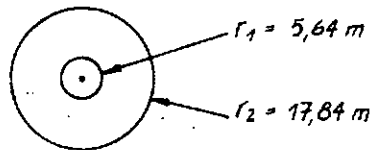
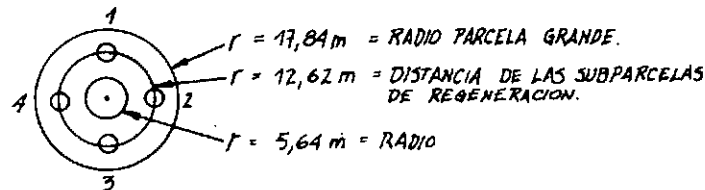


Fig. 3: Posición de las parcelas circulares concéntricas

g) La **regeneración** será evaluada mediante **cuatro subparcelas circulares de 12,5 m²** con un **radio correspondiente de 2m** (en total 50 m²), ubicadas a 12,62 m desde del centro de la parcela de 1000 m² con rumbo 0, 90, 180 y 270 grados (fig. 4)

Fig. 4: Orientación de las 4 subparcelas de regeneración dentro de las parcelas de 1000 m²



Las áreas de las parcelas circulares corresponden al plano horizontal, en terreno en pendiente hay que corregir los radios en pendiente o definir la distancia del centro hasta el límite por el plano horizontal (lo que en la zona de estudio probablemente no va a ocurrir).

i) Las mediciones asociadas al terreno, afectadas por pendiente, deberán ser corregidas para mantener constante la proyección sobre el plano horizontal. Ello incluye distancias y radios de parcelas.

4. Ubicación del bloque y de los centros de parcelas en el terreno

a) La ubicación del comienzo de la picada se hace a través del material cartográfico disponible mencionado anteriormente (fotos, impresiones en color, mapas). La entrada de la picada se marca con la primera estaca de madera.

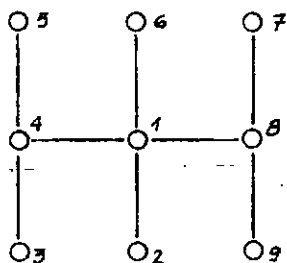
b) Los grupos disponen de 12 jalones cadauno. En condiciones normales, 6 jalones son suficientes para el establecimiento preciso de la picada de entrada que se establece mediante el alineamiento de jalones en el rumbo previsto por la dirección de la posición del centro del bloque.

c) Cada 200 m de la picada se marca con otra estaca de madera.

d) Una vez ubicado sobre el terreno al punto que identifica el centro de la primera parcela del bloque, dicho punto se convierte en el centro del muestreo (bloque). A partir de este se establecen los centros restantes, a distancias de 100 m sobre el plano horizontal y con rumbos prefijados.

e) El rumbo a seguir para desplazarse de un centro al centro siguiente se establece mediante el empleo de la brújula. Los rumbos a seguir resultan de la forma del muestreo. Para trabajar más efectivamente con menos distancias por picadas

dentro del bloque, los grupos de inventario han propuesto el recorrido siguiente en función del rumbo de la entrada en el bloque, que reduce el tamaño de la picada interna del bloque por 300m:



Este recorrido es aceptado en condición de que se mantenga la enumeración prevista para las parcelas.

f) Los 100 m de distancia entre centros contiguos se establecerán mediante cintas metálicas o sogas plastificadas de 50 m de largo cada una.

g) Siendo que las dimensiones del cuadro corresponden al plano horizontal, se corregirá la cintada cuando su inclinación sea igual o mayor a 10 grados (= 18%), que sería una excepción en los dos departamentos. Esta corrección por pendiente lleva a que su proyección sobre el plano horizontal alcance los 50 m.

h) El mecanismo de corrección por pendiente se establece a través de dos vías:

- mediante un factor de corrección
- mediante el cálculo de la distancia complementaria a agregar.

Sus formas de aplicación son:

- distancia real a aplicar = dist. teórica x factor de corrección
- distancia real a aplicar = dist. teórica + complemento

i) La corrección a aplicar por pendiente está calculada por intervalos de ángulos de inclinación. En cada caso se aplicará la corrección correspondiente al intervalo en donde el ángulo de inclinación quede ubicado. El cuadro 2 muestra el factor de corrección, los complementos y la distancia total a aplicar, con diferentes distancias y diferentes ángulos de inclinación.

j) Los ángulos de inclinación se medirán con clinómetro (BLUME-LEISS en grados o SUUNTO en %). En caso de uso del clinómetro SUUNTO hay que convertir los % en Grados.

Cuadro 1: Rumbo y ángulos complementarios (en grados) para recorridos entre centros de parcelas.

Cuadro 2: Factor de corrección (F), distancia complementaria (C) y distancia total para distancias de 25 y de 50m para distintos

ángulos de inclinación y un error máximo en distancia del 5 por ciento.

Distancias		10 m		25 m		50 m	
Intervalo	F	C	Total	C	Total	C	Total
0 - 17,9	1	0	10,00		25,00	0	50,00
18- 29,9	1,10	1,00	11,00	2,50	27,50	5,00	55,00
30- 37,9	1,21	2,10	12,10	5,25	30,25	10,50	60,50

(Distancias en metros, angulos en grados)

k) Los elementos requeridos para la operación, son: a) Cinta o sogá métrica de 50 m; b) Brújula; c) Clinómetro; d) Tabla de rumbos y e) Tabla de correcciones por pendiente.

l) El establecimiento de las distancias entre centros de parcelas requiere de un operador de brújula (operador B) y un operador de clinómetro (operador C). La forma de proceder que se recomienda es la siguiente:

El operador B se ubica en el punto de partida (un centro de parcelas) y establece la línea de avance de acuerdo con el rumbo a seguir y mediante el empleo de la brújula. Para avanzar, B ubica en el terreno algún elemento de referencia que le permita desplazarse en el sentido más o menos correcto, llevando consigo un extremo de la cinta de 50 metros. Una vez recorridos los 50 m (verificado por la cinta tensa) B controla su posición mediante el ángulo complementario del rumbo, tomando como referencia su compañero C que permanece a un punto de partida sosteniendo el otro extremo de la cinta.

Una vez que B queda alineado en el rumbo correcto, se tensa la cinta para cubrir correctamente los 50 metros; C mide entonces el ángulo de la pendiente, comunicándole a B, a partir de lo cual B aplica la corrección correspondiente. Una segunda alternativa, es que sea C quien controle el valor de la corrección, comunicándole a B directamente este valor.

Aplicada la corrección, B vuelve a controlar el rumbo. Una vez establecido el rumbo y la distancia definitiva, B hace una marca en el suelo o deja alguna señal para indicarle a C la ubicación exacta del punto de llegada. Mientras tanto, C deja libre el extremo de la cinta que sostenía, para permitirle a B que avance, y abandona el punto inicial para desplazarse al nuevo punto que B marcó. El procedimiento se reinicia, repitiéndose hasta cubrir la distancia deseada.

En todos los casos, ambos operadores deberán sostener la cinta a la altura de su cintura al momento de tensarla para establecer la cintada.

m) Antes de iniciarse las operaciones, el futuro operador C, igual o menor estatura que B, debe establecer sobre B el punto correspondiente al nivel de sus ojos. De ahí en más, C tomará referencia el punto establecido sobre B para la medición de la inclinación de la cinta. La posición en cuestión se establece mediante clinómetro, poniéndose B y C frente a frente en terreno horizontal.

n) Es importante recordar, que la pendiente que se debe medir es de la cinta con la cual se está estableciendo la distancia. Por esta razón, ambos operadores (B y C) deben sostener la cinta con la mano a la altura de sus cinturas al momento de fijar los 50 metros. La pendiente así medida coincide con la pendiente del terreno entre ambos extremos de la cinta.

o) Una vez ubicada el centro de la nueva parcela, esto será marcado por una estaca de madera y una estaca de hierro (bajo tierra, invisible).

5. Establecimiento de las parcelas de muestreo

a) Recorrida la distancia entre centros contiguos, dentro del bloque, el punto de llegada representa el **nuevo centro de parcelas** que se marca con una estaca de madera y con una estaca de hierro bajo tierra (invisible).

b) La extensión de las parcelas corresponde al **plano horizontal**. Por esta razón, los radios deben corregirse en caso de pendiente. El nuevo radio a aplicar surge de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{R_o}{\sqrt{\cos \alpha}}$$

R_o = radio teórico sobre el plano horizontal

R = radio a aplicar

α = ángulo de la pendiente (en grados)

La corrección se puede realizar igualmente por una tensión horizontal de la cinta (soga).

c) El radio corregido por pendiente se aplica en todos los sentidos, como si el terreno fuera horizontal; los radios se establecen mediante cinta inextensible o sogas.

d) La pendiente del terreno se mide siguiendo el procedimiento indicado en el punto 3; la pendiente se medirá siguiendo el plano de inclinación predominante dentro del área de las parcelas. El mismo valor de pendiente se utilizará para las tres dimensiones de parcelas.

e) La corrección de radios por pendiente se llevará a cabo por intervalos de ángulos de inclinación, con un error máximo de área

de parcela del 1 por ciento. Se aplicará el radio correspondiente al intervalo en donde se ubique el ángulo de la pendiente.

Cuadro 3: Factor de corrección (F), distancia complementaria (C) y radio total para los dos tamaños de parcela y para distintos intervalos angulares, para un error máximo en superficie de 1 por ciento.

La primera fila (F=1) indica el radio teórico (Ro) de la parcela.

Intervalo	F	100m2	1000m2		
		C	Total	C	Total
0 - 9,9	1,000	0,00	5,64	0,00	17,84
10 - 17,9	1,016	0,09	5,73	0,29	18,13
18 - 23,9	1,036	0,20	5,84	0,64	18,48
24 - 27,9	1,055	0,31	5,95	0,98	18,82
28 - 31,9	1,075	0,42	6,06	1,34	19,18
32 - 34,9	1,095	0,54	6,18	1,69	19,53

6. Relevamiento de los datos de la planilla 1 (datos dasométricos)

6.1 Datos generales

6.1.1 Documentación del tiempo para el acceso al bloque

Al revés de la planilla se anota la documentación del tiempo para el acceso al bloque de la manera siguiente (ver Planilla 3 de Campo: Estudio de Tiempo):

- Lugar del alojamiento
- Hora de salida del mismo
- Km del Tacómetro a la salida
- Indicación del camino recorrido
- Hora de llegada a la entrada de la picada
- Cróquis del lugar de la entrada
- Hora de llegada a la parcela No. x del bloque
- (Metros en total de la picada)
- Comienzo y fin de medición de cada parcela (ver planilla)
- Fin del trabajo de medición del bloque con parcela No.
- Hora de llegada a la entrada de la picada

- Hora de llegada al alojamiento
- Km del tacómetro a la llegada

6.1.2 Datos generales de la planilla

- **Responsable:** Se anota el apellido del Ingeniero responsable para el grupo del campo.
- **Departamento:** Se anota el Departamento correspondiente
- **Localidad:** Se anota el lugar próximo del bloque, normalmente anotado en las fotos correspondientes de la imagen satelital
- **Fecha:** día/mes/año de la fecha en que se realizan las observaciones al campo.
- **Comienzo:** horas/minutos
- **Fin:** horas/minutos
- **Bloque Nr:** Número del bloque indicado por la localización dentro de la imagen satelital.
- **Parcela No:** Se hace un círculo alrededor de la parcela correspondiente.
- **Pendiente:** Pendiente promedio en grados donde se ubica la parcela.
- **Exposición:** En caso de pendiente indicación sobre la exposición en grados.
- **Estado de la Superficie:** Descripción del estado de la superficie de la parcela. Se definen las siguientes clases y sus símbolos:
Clase 1: Suelo con vegetación intacta, sin pisoteo de animales o indicadores de la presencia de ellos,
Clase 2: Suelo con pisoteo de animales o indicadores de la presencia de ellos,
Clase 3: Suelo con árboles apeados o tocones que indiquen apeo, pero con un tápiz herbáceo continuo,
Clase 4: Suelo degradado, la mayoría del suelo se encuentra desnuda sin cubierta vegetal.
Clase 5: Relictos de incendio.

Comentario: Es posible, que aparecen 1, 2 o 3 clases (p. ej. pisoteo de animales y árboles apeados con relictos de incendio, será la indicación que correspondería a la indicación 2,3,5).

- **Hipsómetro marca?** Hay que marcar el hipsómetro utilizado, para comparaciones de medidas posteriores.

6.1.3 Especie y 6.1.4 Código

Comentario adelante: Árboles muertos no se miden. Si hay alto porcentaje de árboles muertos, se anota el número de los mismos dentro de las "observaciones generales".

Se indica en la primera columna la abreviación del nombre común (en mayusc.) según el listado siguiente. El código será anotado en el gabinete de Estadística antes del procesamiento de datos.

Cuadro 3: Listado, abreviaciones y código de las especies:

Especie	Abreviación	Código
Quebracho colorado santiagueño	QC	1
Quebracho del cerro	QDC	2
Quebracho mestizo	QM	3
Quebracho blanco	QB	4
Algarrobo blanco	AB	5
Algarrobo negro	AN	6
Itín	IT	7
Vinalillo	VO	8
Vinal	VI	9
Tusca	TU	10
Churqui	CH	11
Cebil colorado	CC	12
Guayacán	GU	13
Brea	BR	14
Cina- Cina	CI	15
Chañar	CA	16
Seibo	SE	17
Tala	TA	18
Sombra de Toro	SO	19
Mistol	MI	20
Huiñaj	HU	21
Sacha membrillo	SM	22
Sacha poroto	SP	23
Sacha limón	SL	24
Palo borracho	PB	25

6.1.5/ 6.1.6 Posición de los árboles dentro de las parcelas

Sistemática de la definición de la posición de los árboles a medir dentro de las parcelas:

Al contrario de la toma de datos en el Inventario NOA II, en este Inventario de la Provincia de Santiago del Estero todas parcelas y árboles tienen posiciones "permanentes".

Una parcela permanente tiene las características siguientes:

- Su posición dentro del bloque es definida por la posición de la parcela 1 (parcela central)
- El centro de la parcela es marcado con una estaca de madera de Quebracho colorado y una estaca de hierro bajo tierra (invisible)
- La posición de cada árbol dentro de la parcela es definida por su ángulo (rumbo) del centro en grados y su distancia al centro con apreciación en decímetros.

De tal manera, en una toma de datos posterior, se puede reencontrar el centro de la parcela (en caso de duda con un detector magnético) y la posición de cada árbol por sus "coordenadas polares (dist., áng.)" dentro de la parcela.

Parcelas permanentes permiten la medición del crecimiento en altura y diámetro de cada árbol entre dos o más tomas de datos.

6.1.5 Angulo

Se anota el ángulo del árbol a medir a partir del centro de la parcela en grados (cuidado: no acercar la brújula a la cinta métrica metálica, caso contrario aparecerán errores por influencia magnética).

6.1.6 Distancia

Se anota la distancia horizontal del árbol a medir a partir del centro de la parcela en metros, con la precisión de decímetros.

6.1.7 Rectitud del Fuste (ver fig. 11)

Clase 1, recto = r: Un fuste totalmente recto, aserrable en su totalidad.

Clase 2, semicurvado = sc: Un fuste parcialmente recto, un poco curvado, parcialmente aserrable.

Clase 3, curvado = c: Un fuste tan curvado, que la secante interna cruza la secante externa, sin fuste aserrable.

En esta clasificación hay que respetar también un posible uso posterior.

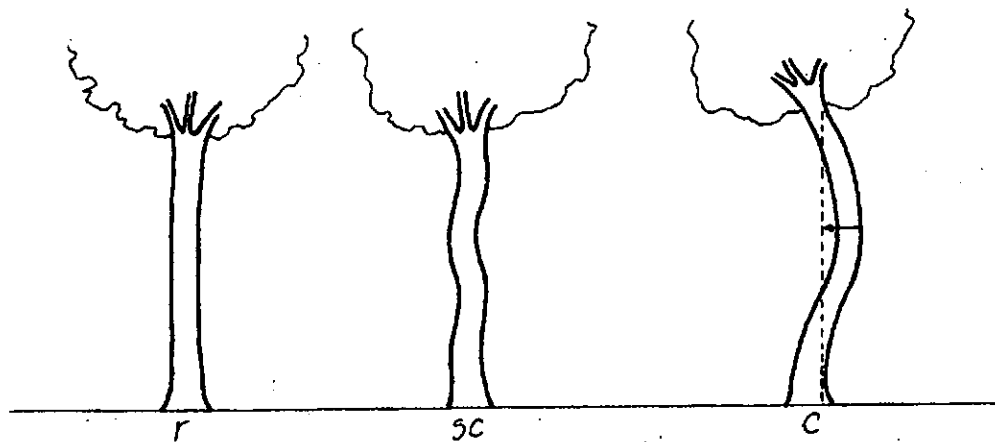


Fig. 11: Rectitud del fuste

6.1.8 Ramas (principales)

Se indica el diámetro de la mayoría de las ramas principales del fuste, con corteza, en 5 cm de distancia del fuste en tres clases:

Clase 1 = 0, sin ramas principales

Clase 2 = 1, ramas con diámetro menor de 5cm

Clase 3 = 2, ramas con diámetro igual- mayor de 5 cm.

Nota bene: Hay que diferenciar bien entre ramas principales (6.1.8) y ramas adventicias (6.1.9). Un fuste puede ser sin ramas principales pero con una presencia fuerte de ramas adventicias.

6.1.9 Ramas adventicias

Se indica la presencia de ramas adventicias en tres clases:

Clase 1 = s, sin ramas adventicias,

Clase 2 = l, con presencia liviana

Clase 3 = f, con presencia fuerte.

6.1.10- Estado sanitario

Los árboles se clasificarán en 4 clases según el estado sanitario aparente:

Clase 1 = sano, sin daños

Clase 2 = pudrición, que influye la vitalidad del árbol o el aprovechamiento futuro

Clase 3 = ataque de insectos; hay que mencionar en "Observaciones", si se trata de una ataque de la madera, de la corteza o del follaje.

Clase 4 = daño de incendio; hay que mencionar en "Observaciones", que tamaño tiene este daño y si el árbol va a sobrevivir.

Es importante, de reconocer bien el estado sanitario, porque contribuye posteriormente a la clasificación según árboles de raleo o árboles futuros.

6.1.11 Diámetro a la altura del pecho (DAP o d 1,3)

Metodología de la medición del diámetro normal del árbol en pie:

a) La medición del diámetro se hará con **cinta diamétrica y la altura de medición se establece en 1,30 m sobre el nivel del suelo** en la base del árbol. Se establece en 7 cm el diámetro mínimo a registrar (dentro de la parcela de 100 m² se miden todos árboles a partir de un DAP de 7 cm, dentro de la parcela de 1000 m² se miden todos árboles a partir de 20 cm).

b) La cinta diamétrica deberá ubicarse a la **altura que corresponda, perpendicular al eje del tronco y suficientemente tensa al momento de la lectura.** El operador (o su compañero) controlará que no existan elementos que perturben la posición de la cinta (ej.: Plantas trepadoras, plantas apoyadas, nudos, ramas de arbustos cercanas, daños de la corteza, etc.) o que afecte la exactitud de la observación (ej.: protuberancias, cicatrices, etc.).

c) Antes de iniciarse las tareas, el responsable de la medición deberá establecer sobre su ropa del campo una marcación correspondiente de 1,30m de altura. Dentro del día de trabajo, hay que controlar esta altura periódicamente.

d) El diámetro observado será medido al milímetro y así será registrado en la planilla. La medición exacta es necesaria para la comparación con mediciones de inventarios futuros, en especies de lento crecimiento como las estudiadas..

e) En casos especiales, la altura de la medición se registrará por las siguientes pautas, representadas en la figura 5:

- Arbol inclinado en terreno horizontal (a)
Se establece en 1,30m de altura sobre el lado de la inclinación.
- Terreno inclinado (b)
Se establece en 1,30m sobre la parte superior de la pendiente, cualquiera fuese la situación del árbol (derecho o inclinado).

- Árboles bifurcados, trifurcados o multifurcados (c)
Si la bifurcación se ubica por encima del 1,30m no será tomada en cuenta y se considerará como un individuo. La misma actitud se tomará si el punto de medición coincide exactamente con el inicio de la bifurcación.

Si la bifurcación se ubica por debajo del punto de medición, se considerará a cada bifurcación como un individuo midiéndose en cada una el diámetro. Lo mismo será aplicado en el caso de árboles trifurcados.

Si la posición del árbol se encuentra dentro de la parcela de 100 m², se miden los diámetros de todos los fustes iguales o mayores de 7 cm.

Si la posición del árbol se encuentra dentro de la parcela de 1000 m², se miden los diámetros iguales o mayores de 20 cm.

Para los inventarios siguientes, hay que anotar en las planillas el número total de bifurcaciones, también bajo de 20 cm, respectivamente 7 cm dentro de las parcelas concentricas correspondientes.. Un broche en la columna "observaciones" indica la pertenencia de las bi- tri- etc- furcaciones al arbol principal correspondiente y la altura de la bi- tri- y multifurcación.

Si se trata de árboles con fustes muy cortos como en el caso de Mistol, Algarrobo o Guayacán y con mas que trifurcación (multifurcación) y la multifurcación se encuentra bajo de 1,30m, se mide excepcionalmente el diámetro normal en alturas variables de 0,1, 0,2, 0,3metc y se anota en la columna "Observaciones" "multifurcado, alt. de medición x,x m".

La medición debe encontrarse fuera de la influencia del tocón. Es previsto de establecer tablas de volúmen comercial con la entrada de alturas variables del diámetro normal.

- Árboles con deformaciones en el punto de medición (d)
La medición se hará por encima del límite superior de la deformación.

El mismo procedimiento se aplicará en caso de aletones o costillas.

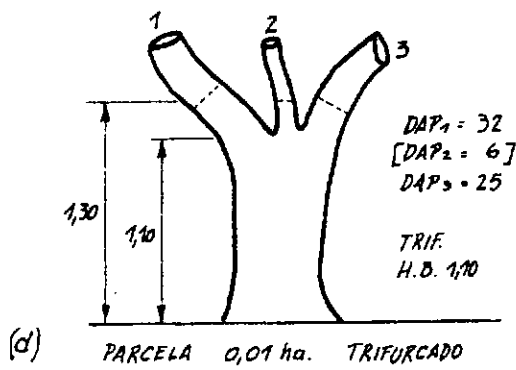
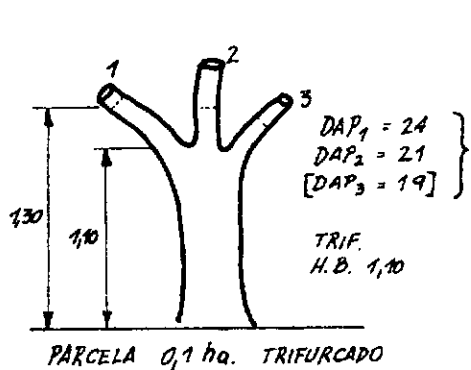
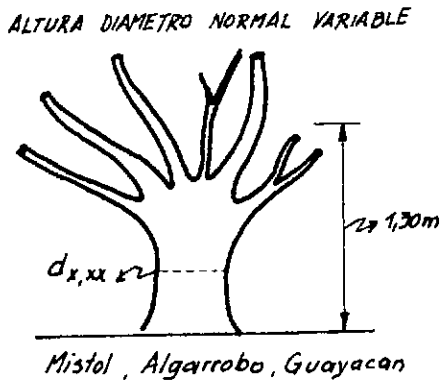
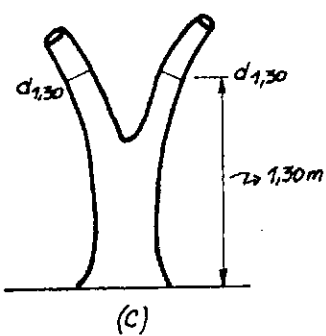
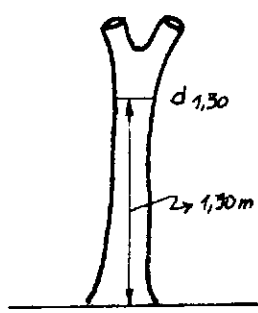
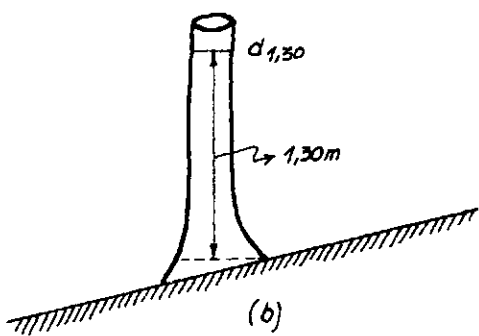
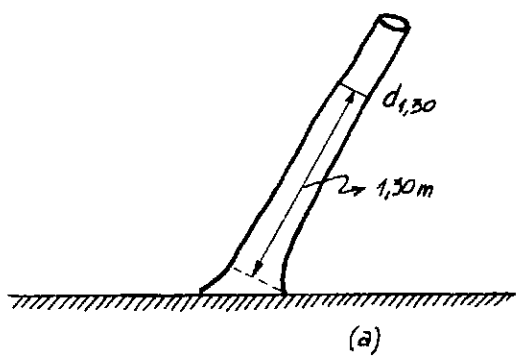


Figura 7: Ubicación del punto de medición del diámetro en situación normal y casos especiales

6.1.12/ 6.1.13 Medición de Alturas

6.1.12 Medición de la altura del fuste

Se medirán todas las alturas del fuste de los árboles con medición del DAP de las especies principales siguientes (que pueden tener madera aserrable):

- Quebracho colorado
- Quebracho del cerro
- Quebracho mestizo
- Algarrobo blanco
- Algarrobo negro
- Itín
- Vinal
- Guayacán
- Chañar
- Seibo

b) Se definen como altura del fuste (ver fig. 8):

- **árboles sin bifurcación (a):** altura a lo largo del eje del árbol desde el nivel del suelo hasta el punto de inicio de la copa. Representa la altura del eje en su porción libre de ramas.
- **árboles con bifurcación arriba de 1,30 m (b):** La altura del fuste corresponde a la altura desde el nivel del suelo hasta la bifurcación.
- **árboles con bifurcación abajo de 1,30 m (c):** La altura del fuste corresponde a la altura desde el nivel de la bifurcación hasta el punto de inicio de la copa de cada fuste.
- **árboles más que trifurcados (d):** No se indica una altura del fuste.

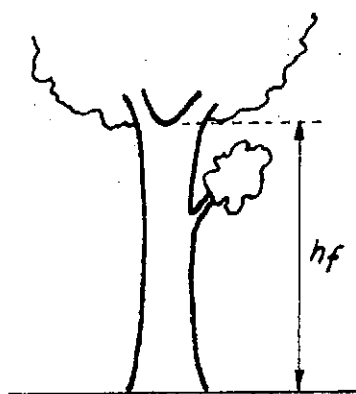
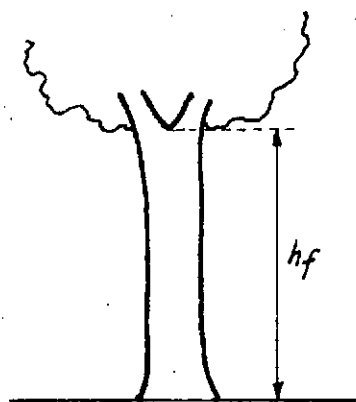


Fig. 8: Medición de la altura del fuste

6.1.13 Medición de la altura total

Se indica para cada árbol medido su altura total.

Se medirán en cada bloque al mínimo 20 alturas totales de la especie Quebracho colorado y 20 alturas de la especie Quebracho blanco. De las otras especies se miden (en caso de presencia) al mínimo 5 alturas (mejor 10) en cada bloque.

La altura total se define como altura a lo largo del eje del árbol desde el nivel del suelo y hasta la cima del árbol. Esta cima siempre corresponde a la línea vertical entre el nivel del suelo de la posición del árbol y el punto de la cima.
(La medición de la altura total de Quebrachos col. es muy problemática!).

En las especies frondosas, fuste y tronco suelen coincidir. Ramas aisladas insertas en el fuste no deben considerarse para definir el punto de inicio de la copa. En el caso de la altura total, ramas laterales tampoco deben considerarse como punto más alto de la copa.

c) En caso de alturas totales de árboles iguales y bajos de 11,5 m, las mediciones de altura se harán con caña telescópica, tales como las mediciones de las alturas del fuste de estos árboles (9,5m altura de caña más 2 m estimados hasta la altura de las manos).

d) En caso de alturas totales de árboles arriba de 11,5 m, las mediciones de altura se harán con hipsómetro BLUME- LEISS o SUUNTO (Indicar el instrumento de medición en la planilla).

e) Se recomienda la medición de árboles con buena vista de la cima de la copa. En caso de uso de un hipsómetro, se recomienda el procedimiento siguiente:

- Si el sotobosque permite medir la distancia con el prisma óptico, se recomienda el uso del mismo.
- En caso de reducción de la vista horizontal, se utiliza la cinta métrica para la medición de la distancia (distancias fijas de 15, 20, 30 y 40m).
- En caso que de una distancia fija no se pueda ver la cima de la copa, se miden las alturas h1 y h2 de una distancia variable, indicando en la planilla los Grados (BLUME- LEISS) o los % correspondientes, con comentario en la columna "Observaciones".

La altura total se calcula después en el gabinete por las ecuaciones siguientes:

$$\text{Alt. total} = \text{Distancia} * \text{tang } \alpha_1 + \text{Distancia} * \text{tang } \alpha_2$$

f) Las mediciones más precisas se realizan generalmente, si la distancia horizontal del árbol corresponde a su altura total. La altura se redondeará al decímetro.

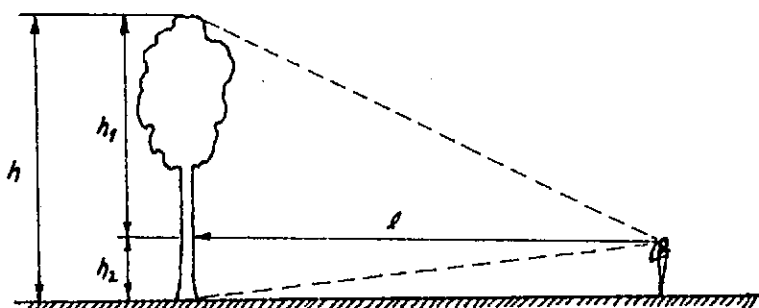
g) La distancia árbol- observador se ubicará en lo posible transversal al plano de la pendiente para evitar errores visuales. De no ser posible, se medirá desde la porción más alta de la pendiente.

La fig. 10 muestra esquemáticamente la medición en terreno plano y con pendiente.

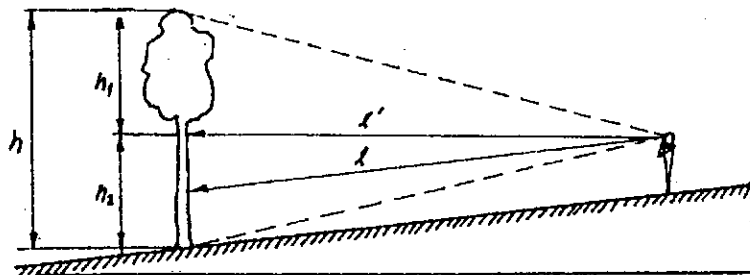
h) Se aplicará corrección por pendiente cuando la pendiente de la distancia medida entre la altura de la persona que mide al árbol es superior a los 5 grados, lo que asegura un error porcentual máximo de casi el 1 por ciento.

i) En el caso del terreno de la Provincia de Santiago del Estero, el pediente se encuentra bajo de 5 Grados, una corrección de la altura medida no será necesaria.

En caso, que la pendiente sea igual o superior de 5 Grados, se anota en la cuadrícula "Altura T." los Grados medidos en el terreno. En este caso hay que reducir la altura medida por un factor trigonométrico, una tarea que se realizará antes del procesamiento de datos en el gabinete de estadística.



Terreno horizontal: $h_1 + h_2 = h$



Terreno con pendiente: $(h_1 + h_2) * \text{Factor} = h$

Fig. 10: Ejemplos esquemáticos de la medición de altura total en terreno horizontal y terreno con pendiente.

j) La medición de altura conjunto con el DAP sirve como entrada para el establecimiento de curvas de alturas según especies, la determinación del volúmen del árbol y ulteriormente para la definición del volúmen de rodales y estratos de bosques. Es conocido que por el ambiente del bosque la medición correcta de

la altura total no es fácil. Sin embargo, se necesitan valores correctos. Si un árbol no es medible, se recomienda la medición de otro árbol. Además hay que evitar la medición de árboles, que tienen deformaciones de la copa, como rupturas y bifurcaciones. Por razones de representación, se recomienda medir más árboles grandes que árboles pequeños.

k) Para realizar una distribución espacial igual dentro del bloque, se recomienda la medición de 3 alturas de las especies principales por parcela, distribuidos sobre todas clases diamétricas.

6.1.13 Observaciones

En esta cuadrícula se anotan todas observaciones que se refieren al árbol medido que pueden ser de importancia para su vitalidad, crecimiento, calidad y futuro arovechamiento. Aquí se anota también, si el tronco de un árbol tiene una posición inclinada.

7. Relevamiento de los datos de la planilla 2 (datos de regeneración)

7.1 Objetivos

El estudio de la regeneración natural es orientada a dos direcciones:

- Facilitar la comprensión de la dinámica del bosquedando información sobre el número y distribución espacial de los renovales, así como también de los efectos de la cobertura del sotobosque, del fuego y del ganado en la regeneración natural.
- Debe brindar información sobre el número de renovales presentes en las distintas clases de tamaño en el bosque; de vital importancia para definir criterios de ordenación de montes.

7.2 Forma de muestreo

La regeneración será evaluada mediante cuatro subparcelas circulares de 12,5 m² (radio de 2 m), ubicados a 12,62 m desde del centro de la parcela de 1000 m², con rumbo 0, 90, 180 y 270 Grados.

7.3 Trabajo de campo/ sistemática de las operaciones

Mientras la toma de los datos dasométricos se encuentra a cargo de 1 Ing. Forestal y el primer paratócnico, la toma de datos de regeneración se encuentra a cargo del segundo paratócnico del grupo de inventario. El dispondrá de los siguientes equipos:

- Soga o cinta de 12,62 de largo
- cinta diamétrica para medir diámetros de los árboles mayores de 3m de altura
- caña telescópica de 5 m
- machete
- Tabla planillera, planillas
- Brújula

Los pasos a seguir por el paratécnico serán los siguientes:

- Una vez ubicado el centro de la parcela de 1000 m², llenará los datos generales (ver planilla 1) de la planilla 2.
 - Con ayuda de la brújula, ubicará el centro de la subparcela 1 (y siguientes).
 - Medirá el radio de la parcela con un jalón de 2 m.
 - Definición de las especies
- La definición de las especies arboreas se hará con ayuda de la guía dendrométrica.

- Medición de las clases de alturas y diámetros
- Se ha definido 4 clases de alturas para la regeneración natural:
- clase 1 de 0,5 hasta 1,0m
 - clase 2 1m desde hasta 2,0m
 - clase 3 de 2,0m desde hasta 3,0m
 - clase 4 con alturas mayor de 3m desde hasta un DAP de 7cm

El diámetro (DAP) se medirá únicamente en árboles de la clase 4 (en mm).

- Observaciones de fuego o ganado
- Anotará la observación correspondiente indicaciones sobre fuego o ganado.
- Observaciones de la cobertura del fachinal
- Anotará también la observación correspondiente a la cobertura del fachinal de la subparcela, según las clases de % descriptas en la planilla.
- Antes de retirarse de la subparcela anotará las observaciones generales que considere de interes, como excesiva presencia de pasto, árboles caídos, vestigos de explotación forestal reciente y otras.
 - Siguen las parcelas siguientes según posición de la planilla.

Segunda Parte

CONVENIO ARGENTINO-ALEMAN: UNSE-GTZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO - UNSE
AGENCIA ALEMANA DE COOPERACION TECNICA- GTZ
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INSTITUTO DE SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES
LABORATORIO DE PERCEPCION REMOTA**

INTRODUCCION AL USO DE IMAGENES SATELITARIAS TM LANDSAT EN EL MAPEO DE BOSQUES E INVENTARIOS FORESTALES

**(con referencia al Inventario Forestal de los Departamentos COPO y
ALBERDI, Provincia de Santiago del Estero, Argentina)**

**Hugo Raúl Zerda
Ingeniero Forestal**

Prólogo

El presente trabajo es una revisión de parte de las tareas de investigación que se desarrollan en el Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques-INSIMA, de la Facultad de Ciencias Forestales-FCF, en la Universidad Nacional de Santiago del Estero-UNSE.

Describe las actividades en Percepción Remota desarrolladas durante la ejecución del Proyecto de Inventario Forestal de los Departamentos Copo y Alberdi (primera etapa), en la provincia de Santiago del Estero y otras experiencias locales.

En una primera versión, se constituyó en un manual de campo para los grupos de trabajo de campo del proyecto citado, en conjunto a observaciones y explicaciones in-situ, sobre la utilización de imágenes multiespectrales TM Landsat, para la orientación en el terreno y la ubicación de unidades de muestreo.

El presente trabajo va dirigido también a usuarios de datos satelitarios, que se inician en el mapeo de bosques y/o inventarios forestales, a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal de la UNSE. con el fin de contribuir con experiencias locales a mejorar y actualizar la enseñanza.

Agradezco al Dr. Martín Thren, coordinador del proyecto argentino-alemán UNSE-GTZ, director y autor junto a quien suscribe del Proyecto Inventario Forestal, por sus sugerencias y el constante apoyo brindado.

INDICE

	páginas
1- Inventarios Forestales de Grandes Areas y Percepción Remota	1
1.1-Estudios Forestales Utilizando Imagenes Satelitarias. Revisión Bibliográfica	2
1.1.1- Costos de la Utilización de Imágenes Satelitarias	5
1.2- Inventario Forestal de los Departamentos Copo y Alberdi, Santiago del Estero	6
1.2.1- Generalidades	6
1.2.2- Características Principales del Proyecto	7
1.2.2.1- Datos Satelitarios Utilizados	7
1.2.2.2- Muestreo de Campo	7
1.2.2.3- Utilización de Imágenes Satelitarias en los Trabajos de Campo	9
2- Percepción Remota	10
2.1- Definiciones	10
2.2- Principios de la Percepción Remota	11
2.2.1- Señal Detectada por un Sensor	12
2.3- Ventajas y Limitaciones de la Percepción Remota	14
3- El Espectro Electromagnético	14
3.1- Propiedades Fundamentales de la Radiación Electromagnética	14
3.2- Regiones del Espectro Electromagnético. Importancia en la Percepción Remota	15
4- Interacción Entre el Espectro Electromagnético y los Cuerpos.	17
4.1- Respuesta Espectral de Diferentes Tipos de Coberturas de la Tierra	17
4.2- Firmas Espectrales	18
4.3- Ventanas Atmosféricas	19
5- Detección, Transformación y Registro de la Energía	19
5.1- Registro Gráfico	20
5.2- Registro Digital	20
5.3-Concepto de Resolución en Imágenes Satelitarias	21

5.3.1- Resolución Espacial	21
5.3.2- Resolución Espectral	21
5.3.3- Resolución Radiométrica	21
5.3.4- Resolución Temporal	21
6- Sistemas y Sensores Satelitarios	22
6.1-Sistema Landsat	22
6.2- Descripción General del Programa	23
6.2.1- Órbita y Cubrimiento	23
6.2.2- Sistema de Referencia Mundial (WRS) de Landsat	24
6.2.3- Sensores a Bordo. Características Principales	25
6.2.3.1- Barredor Multiespectral (MSS)	25
6.2.3.2- Mapeador Temático (TM)	26
6.2.4- Productos Disponibles	28
6.2.4.1- Precios de datos Landsat	29
7- Caracterización y Formación de una Imagen Satelitaria	31
7.1- Imagen Digital	31
7.2- Composición de Imágenes	31
8- Interpretación Visual de Imágenes Satelitarias	32
8.1- Mapas Base	32
8.2- Fotografías de Monitor	33
8.3- Utilización de Mapas e Imágenes como Elementos de Orientación en el Campo	33
8.4- Interpretación Visual de Imágenes Landsat	34
8.4.1- Principios Generales	35
8.4.2- Elementos para el Análisis	36
8.4.3- Niveles de Referencia	37
9- Caracterización de Coberturas y Mapeo	38
9.1- Metodología de Interpretación	38
9.1.1- Interpretación Preliminar	39
9.1.2- Verificación de Campo	40

9.2- Utilización de Imágenes Satelitarias Georreferenciadas el la Localización de Unidades de Muestreo	40
10- Análisis Cuantitativo de Imágenes Satelitarias	42
10.1- Restauración y Rectificación de Imágen	43
10.2- Realce	43
10.3- Clasificación de Imágenes	43
10.4- Combinación de Datos	43
10.5- Imágenes Rectificadas y Georreferenciadas	43
11- Descripción de un Sistema de Análisis de Datos Satelitarios Digitales	44
11- Descripciones de Imagenes Landsat TM. Región del Proyecto Inventario Forestal	46
- BIBLIOGRAFIA	50

1- INVENTARIOS FORESTALES DE GRANDES AREAS Y PERCEPCION REMOTA

Los inventarios forestales de grandes áreas pueden estar orientados a una primera investigación sobre las condiciones de lugares desconocidos y pueden realizarse a nivel de país, región, provincia, departamentos o a nivel de preinversión, contribuyendo en brindar información acerca del potencial de los bosques para la toma de decisiones sobre políticas forestales y de desarrollo.

Los inventarios periódicos y repetitivos de grandes áreas, practicados en muchos países como un instrumento importante para el control y la política forestal, permiten apreciar el cambio cualitativo y cuantitativo de los recursos forestales, la variación de su superficie, el volumen de madera y su calidad, como así también el crecimiento.

El resultado de estos inventarios de grandes áreas se presenta muchas veces en forma de estadísticas y análisis. La posibilidad de registrar vastas superficies a través de imágenes satelitarias, en cortos periodos de tiempo y en forma repetitiva, ha ayudado grandemente al desarrollo y brinda posibilidades de aplicación a nuevas metodologías de inventario de grandes regiones.

De tal manera se han desarrollado variados métodos en la práctica de inventarios de grandes áreas, estos usan muestreos puramente terrestres, donde las fotografías aéreas son muy utilizadas como ayuda en la orientación dentro del área de inventario, siendo estos más utilizados que aquellos inventarios que usan solamente datos percibidos remotamente, donde el trabajo de campo se incluye unicamente para la preparación de la interpretación y/o clasificación y, en algunos casos, posterior al chequeo de campo. Con todo, en la mayoría de los métodos, estos adoptan combinaciones, basadas en información procedente de la percepción remota y de mediciones de campo (Hildebrandt G., 1980).

Informaciones referidas a la estratificación de la cobertura forestal como también datos referidos a la infraestructura vial, indispensable para planear los desplazamientos, se obtienen de datos provenientes de sensores remotos, con el fin de optimizar el muestreo de la etapa terrestre posterior en donde se realizan las mediciones para los cálculos volumétricos, calidades, mortalidad, estado sanitario del recurso forestal, etc. (Thren M. y Zerda H.R., 1992). De esta manera pueden detectarse y cuantificarse superficies y la localización de diferentes tipos de bosque, presencia de formaciones forestales caracterizadas por una especie dominante o conjunto de estas. La clasificación en tipos forestales necesita pues de

los datos de campo correspondientes, estos se obtienen a través de diseños de muestreo de diferentes tipos.

En algunos casos, se realiza el inventario de grandes áreas para determinar volúmenes maderables en dos fases, en forma de un muestreo bi-etápico. En estos las fotografías aéreas se utilizan en mayor medida, tomándose foto-parcelas y parte de estas como sub-muestras.

De esta manera se mide el volumen de madera en puntos del bosque determinados. Tales inventarios en dos fases, son el comienzo de inventarios multi-etápico, que pueden o no incluir datos satelitarios, los que siguen el modelo estadístico p.p.s (probability proportional to size sampling) como método de muestreo (Hildebrandt G., 1980).

1.1-Estudios Forestales Utilizando Imágenes Satelitarias, Revisión Bibliográfica

La utilización de imágenes satelitarias en estudios relacionados a las ciencias forestales, han tenido un gran desarrollo desde los años 70. Actualmente se siguen optimizando sus aplicaciones en vistas al perfeccionamiento de los sistemas sensores, a la aparición de nuevos instrumentos que ayudan a su interpretación, y fundamentalmente a la continuidad de los programas espaciales para el estudio de los recursos naturales.

La gran potencialidad de aplicación en estudios relacionados con los recursos forestales, de los datos obtenidos desde plataformas satelitarias, que tienen el carácter de multiespectralidad, visión sinóptica y multitemporalidad, han sido la base para su utilización.

Santos (1976), en Brasil, empleó imágenes MSS Landsat en formato fotográfico del canal 5, para caracterizar vegetación densa, englobando en esta a bosques nativos y también implantados, diferenciándose estos últimos por sus formas geométricas.

Usando datos MSS Landsat en formato fotográfico, Pinto et.al. (1978) estudian la vegetación nativa del Parque Nacional de Amazonas, Brasil, en correlación a datos de campo.

La evaluación de áreas quemadas es otro campo de aplicación donde se han utilizado imágenes satelitarias con gran suceso, Aoki y Santos (1978) usaron imágenes MSS Landsat, en escalas 1:250.000, para el mapeo y evaluación de áreas quemadas en el Parque Nacional de Brasilia DF-Brasil, no solo para monitorear este tipo de alteración de la cobertura vegetal, sino para permitir la adopción de un manejo más adecuado.

Tardín et.al. (1979), estudiaron un área de la Amazonía Legal brasilera, de unas 55 millones de has., utilizando los canales 5 y 7 del MSS Landsat y análisis visual, para evaluar las áreas desmontadas y su relación con el equilibrio ecológico de esa región.

Áreas reforestadas del estado de Sao Paulo-Brasil, fueron evaluadas a través de imágenes MSS Landsat por Hernández Filho y Shimabukuro (1978), según análisis visual, encontrando un patrón característico para "Pinus taeda", diferente de otras especies de "Pinus". Con el género "Eucalyptus" no se encontraron respuestas similares.

También para el caso de bosques implantados, Lee et.al. (1979), caracterizan clases de plantaciones a través del análisis automático de datos MSS Landsat. Define "Pinus", "Eucalyptus" y "Araucaria", en Buri-Sao Paulo-Brasil, analizando los resultados de la clasificación automática y los datos de superficies del Instituto Forestal de Sao Paulo, mostraron diferencias pequeñas las clases "Pinus" (-7,51%) y Araucaria (+4,42 %).

De Medeiros (1987) desarrolló una metodología para detección de alteraciones de la cobertura vegetal, a través del análisis digital de datos MSS Landsat, reconociendo 16 tipos de alteraciones, debidas a: 1) reducción de fitomasa, representando las áreas reforestadas que fueron destruidas y las áreas de vegetación nativa desmontadas; 2) alteraciones debidas al aumento de fitomasa, representando las áreas desmontadas que fueron reforestadas, áreas desmontadas con rebrote de vegetación nativa, además de las áreas de vegetación nativa que fueron reforestadas.

Brasil tiene un programa de vigilancia de sus recursos forestales a través de imágenes satelitarias, Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal Brasileira (PMCFB), el cual sirve para mapeo de desmontes y reforestaciones, mapeo periódico e integral de parques, reservas biológicas y bosques nacionales, con análisis comparativo de los cambios ocurridos en el uso de la tierra; análisis de accesibilidad de los recursos forestales de la Amazonia, acompañamiento de los proyectos de reposición forestal; verificación de la localización de áreas a desmontar para plantaciones, fiscalización y acompañamiento de los proyectos de reforestación; detección en tiempo real de los grandes incendios, principalmente en la Amazonia Legal (De Oliveira Almeida, 1988).

Hoffer y Fleming (1978) usaron técnicas de interpretación automática de datos MSS Landsat y llegaron a concluir que tipos más extensos de coberturas de la tierra (bosques de coníferas, latifoliadas, pastos, suelo expuesto-roca, nieve y agua) pueden identificarse con un buen grado de precisión (85-90%), también en terrenos montañosos y de cobertura vegetal compleja.

Jaakkola (1986) cita a Finlandia, Noruega y Suecia como los países con mayor experiencia en inventarios forestales nacionales, estos países comenzaron tales estudios alrededor de 1920. Continúa con "los antiguos inventarios, repetidos en intervalos regulares

de tiempo, usaban transectas paralelas; actualmente se utilizan diseños de muestreo sistemáticos por grupos-bloques (cluster-tract)". Actualmente este criterio se aplica en todos estos países, también en Austria desde 1960. Estos clusters consisten en un grupo de parcelas circulares o estaciones de relascopio, localizados en los lados o vértices de un cuadrado, la medición de tal unidad de muestreo, corresponde al trabajo de un día.

Estos inventarios son continuos, el tiempo de un relevamiento al otro varía entre 5 a 12 años, se usan dos criterios alternativos para la realización de los trabajos anuales: por región únicamente (Finlandia) o por un muestreo intensivo en todo el país (Suecia y otros países).

Francia, España y Alemania realizaron sus inventarios forestales nacionales en los años 1960-70. Francia y España, utilizaron una pre-estratificación basada en fotografías aéreas y diseños de muestreo en tres fases.

Muchos países han reformulado recientemente sus antiguas prácticas de inventario y comenzaron a utilizar parcelas permanentes. Austria y Suiza hicieron estos cambios recién en 1981, Suecia en 1983. En el nuevo inventario forestal nacional de Suiza, se utilizan fotografías aéreas (orto-fotografías) para estratificar los bosques y calcular superficies. Se emplea intensivamente la fotointerpretación en el inventario forestal del norte de Finlandia, donde se usa un muestreo bietápico.

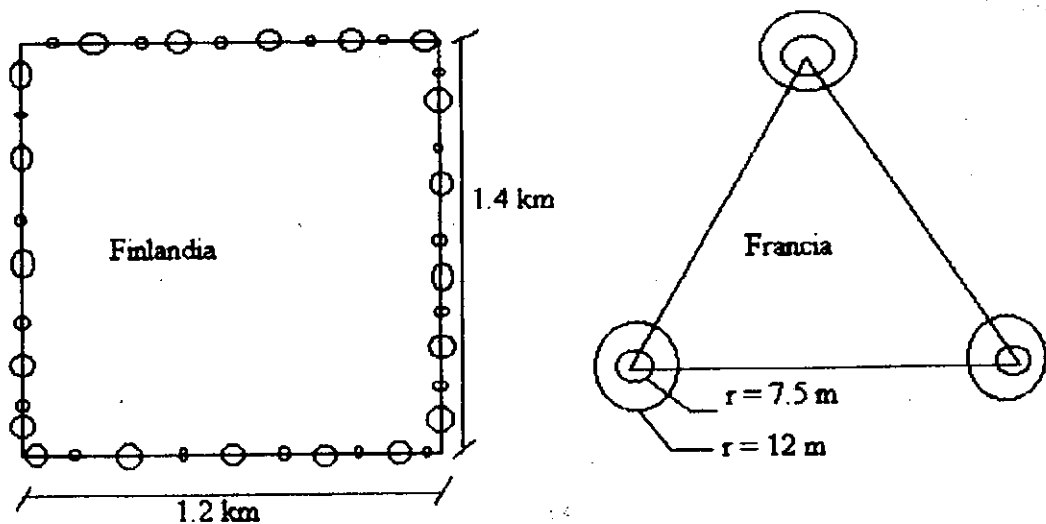


Figura 1- Unidades de muestreo utilizadas en algunos países europeos (parcialmente de Zohrer F., 1980).

Los tipos de inventarios a nivel nacional son utilizados por las grandes empresas, al nivel de planeamiento de estrategias. En los niveles operativos del planeamiento, se impone el uso de información derivada del mapeo e inventarios de rodales (Jaakkola S., 1986).

En la figura 1 (Zohrer F., 1980), se observan las unidades de muestreo (bloques), que se utilizan en los inventarios forestales nacionales de Finlandia y Austria, donde los puntos de muestreo determinan estaciones para el método de Bitterlich (área variable-selección angular). Para Suecia y Francia, las parcelas son de áreas definidas e igualmente el bloque es la unidad de muestreo.

A niveles regionales y continentales, han demostrado una gran posibilidad para el mapeo de bosques las imágenes provenientes de satélites meteorológicos. Zhu (1992) utilizó datos del Radiómetro de Muy Alta Resolución (AVHRR), para determinar superficies y detectar cambios en la cobertura forestal del estado de Alabama-USA, concluyendo que los datos con 1 Km. de resolución espacial se pueden utilizar efectivamente para estimar superficies forestales en el Nivel I de clasificación. También estableció que tales datos AVHRR, constituyen de esta manera una fuente de bajo costo y una vía práctica para la clasificación de superficies forestales de grandes regiones.

Evans et. al. (1992), usando también datos AVHRR, realizaron el Mapa de Coberturas Forestales de México, a través de 2 imágenes (mosaico) casi libres de nubes, determinando 9 regiones fisiográficas del país y mediante la técnica de clasificación supervisada, se produjo el mapa final, con una seguridad del 84 % en la clasificación.

A nivel mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), inició su Proyecto de Evaluación de los Recursos Forestales, de bosques tropicales, persiguiendo a través del uso de imágenes satelitarias Landsat MSS/TM, SPOT, IRS, MOSS, con el fin de recabar información precisa y uniforme sobre el estado actual de los bosques tropicales, tendencias de la deforestación y empobrecimiento de los bosques (FAO, 1991).

1.1.1- Costos de la Utilización de Imágenes Satelitarias en Estudios Forestales

Beaubien (1986), hace una revisión de los costos estimativos en horas-hombre, tiempo de computación y material para producir un mapa de vegetación con la finalidad de utilizarlo en un inventario forestal (escala 1:250.000), en el norte de Quebec, Canadá, sobre un área de 80.000 km², a través de la interpretación de imágenes Landsat MSS con realces.

Este autor consideró tareas de realce de imágenes, horas de computación, recocimiento aéreo y de campo, compilación de datos, cartografía e interpretación; con 385 hs/hombre, 115 hs/computador y materiales, el costo fué de US \$ 0,17 / km².

Para el caso de un levantamiento con fotografías aéreas de la misma región, con producción de un mapa de vegetación en escala 1:125.000, para 80.000 km² y fotografías aéreas-escala-1:40.000, calculó un costo de US \$ 0,36 / km². Es importante destacar que el tiempo para la realización de este estudio fué de 1.350 horas en total (385 en el caso anterior); por lo que uno de los factores más importantes considerados en la elección del producto a utilizar (fotografías aéreas o imágenes satelitarias) es la relación entre costo / km² / tiempo de ejecución, siendo prioritario el objetivo del estudio.

1.2- Inventario Forestal de los Deptos Copo y Alberdi, Provincia de Santiago del Estero

1.2.1- Generalidades

Este inventario forestal se realiza con financiamiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI), y el Proyecto Argentino/Alemán (UNSE/GTZ), a través de la Facultad de Ciencias Forestales como autor y ejecutor del Proyecto en cooperación con la Dirección de Bosques de la Provincia de Santiago del Estero.

El área de estudio se ubica al Norte de la Provincia de Santiago del Estero, en los Departamentos Copo y Alberdi, abarcando una superficie aproximada a los 2,5 millones de hectáreas.

Son objetivos del Proyecto:

Primera Etapa

- a) El mapeo de la cobertura forestal y otros tipos de coberturas de la tierra en escala 1:100.000
- b) Estimación de grandes tipos forestales (fisionomía y densidad)
- c) Estimación de la variabilidad del área basal, para la definición de la densidad de los muestreos a realizar a posteriori (en la segunda etapa)
- d) Obtención de datos iniciales para los cálculos volumétricos, establecimiento de tablas de volúmenes, etc., para las especies más importantes

1.2.2- Características Principales del Proyecto

1.2.2.1- Datos Satelitarios Utilizados

El Proyecto de Inventario Forestal se apoya para su desarrollo, fundamentalmente en el uso de imágenes satelitarias Landsat TM. Estas permiten el mapeo de la cobertura forestal, así como de sus diversos tipos y la cuantificación de sus superficies.

La carencia de cartografía actualizada, se suple con el uso de imágenes satelitarias, de una resolución espacial adecuada para este estudio. Ello es de gran importancia para el correcto desplazamiento en el campo y la ubicación de las unidades de muestreo.

La decisión de utilizar datos del sensor TM (Thematic Mapper - Mapeador Temático), se apoya en la superior capacidad radiométrica y el menor costo/unidad de superficie que los datos HRV del satélite SPOT. A pesar de la menor resolución espacial del TM comparado con el HRV (30 m. contra 20 y 10 m.), con esta se pueden cumplir los objetivos del proyecto a la perfección.

Los datos iniciales están en forma de cintas magnéticas, las que son leídas y analizadas a través del uso de computadores. La clasificación de los datos se realiza de una forma automatizada, más requiere un buen conocimiento de la verdad terrestre, para realizarla adecuadamente; siendo por ello una tarea con gran interacción.

Los resultados del análisis de las imágenes, se expresan como cartas-imágen, donde a cada tipo de cobertura de la tierra se le adjudica un color determinado. También se obtienen estadísticas como ser la superficie de cada tipo de cobertura, lo que tiene gran importancia para los cálculos de volúmenes totales de la cobertura forestal.

1.2.2.2- Muestreo de Campo

En función de los antecedentes existentes para el área de estudio (FAO, 1977), donde se utilizaron bloques de parcelas, se eligió un diseño similar con el agregado de una nueva parcela en el centro del bloque y de un mayor número de parcelas de regeneración (ahora 4, antes 1).

Una primera selección de los sitios donde se colocarán unidades de muestreo, se realiza sobre las imágenes visualizadas en un monitor de alta resolución. Los bloques se ubican así según una grilla de 10x10 km apoyada en el sistema de coordenadas nacionales Gauss-Kruger. Esto corresponde a la grilla de 4x4 cm. de las cartas del Instituto Geográfico Militar-IGM, en escala 1:250.000, existentes para toda el área de estudio y también para el resto del país. Allí se determina la situación Bosque o No-Bosque y luego su accesibilidad, de esta manera define un sitio probable para muestrear.

En las figuras 2 y 3, se muestran detalles del diseño y ubicación de bloques y parcelas (con mayor detalle en Manual de Trabajo de Campo-Proy. Inv. Forestal, Thren M. 1992). Las ventajas de este tipo de muestreo radican en la concentración de las mediciones en un área pequeña, lo que se traduce en una notable reducción de los costos de trabajos de campo, este diseño es también denominado de satélites y es más apropiado que el uso de grandes parcelas al obtenerse información de mayor representatividad a iguales costos (Benítez C.G. de, 1990).

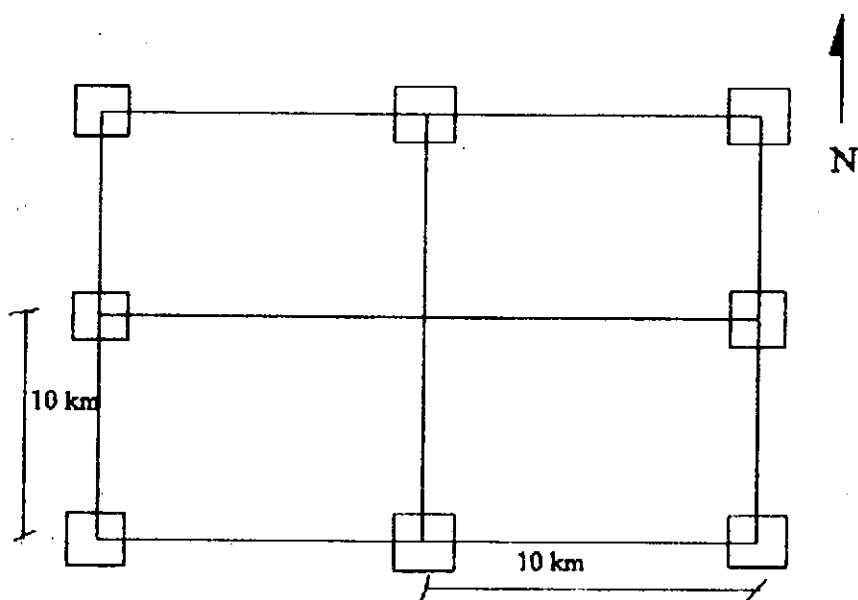


Figura 2- Posición de los bloques(unidades de muestreo) sobre la grilla de coordenadas del sistema nacional.

En la actualidad y a diferencia de los conceptos utilizados hace años atrás, los inventarios forestales consideran la inventariación sucesiva, como una forma de monitorear el bosque de manera más efectiva. Por este motivo el Inventario de Copo y Alberdi utiliza parcelas permanentes las que permitirán monitorear la dinámica del recurso forestal, indispensable para la silvicultura y la ordenación.

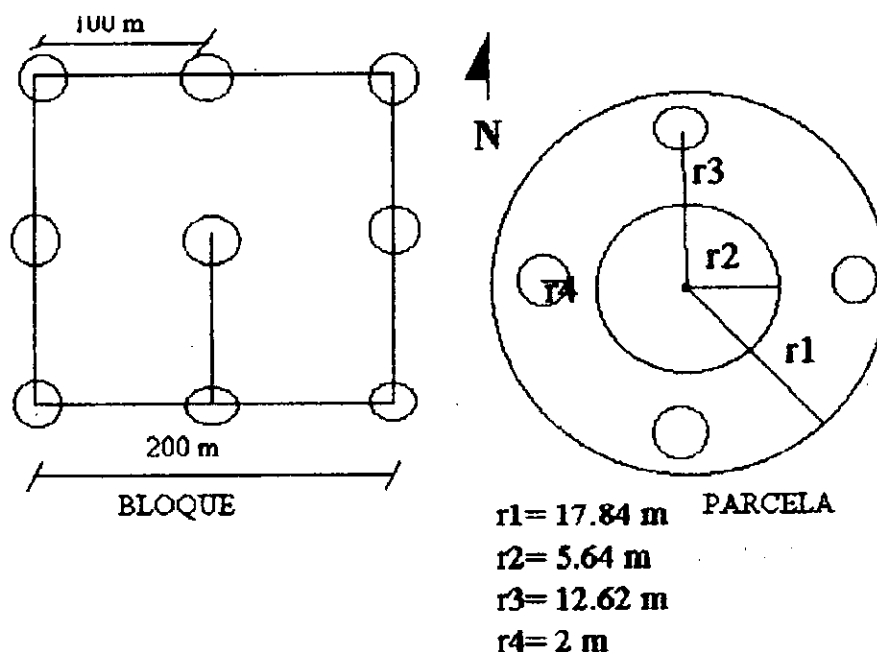


Figura 3- Ubicación y dimensiones de las parcelas en el bloque (Thren, M. 1993).

1.2.2.3- Utilización de Imágenes Satelitarias en los Trabajos de Campo

Se ha realizado ya una breve descripción sobre este tema, más es desatacable citar que en la Argentina un grave escollo para la realización de inventarios forestales de regiones amplias es generalmente la inadecuada cartografía, en lo referente a la escala disponible y su desactualización, además de la infraestructura vial deficitaria.

En el proyecto al que hace referencia este trabajo, se utilizaron imágenes impresas en colores; cartas/imágenes con información sobre infraestructura, coordenadas, etc. También son muy útiles y económicas, fotografías tomadas del monitor color de alta resolución del sistema de análisis de imágenes, en una escala mayor y de mejor resolución que las impresiones por chorro de tinta.

Junto a estas, las cartas del Instituto Geográfico Militar, en escala 1:250.000, constituyeron elementos de orientación importantísimos para el desarrollo de los trabajos.

Tales documentos se utilizan en conjunto y alternativamente, para orientación y aproximaciones de diferente grado, comenzando con la tarea de:

- 1- Planeamiento primario de ubicación-del-bloque (km. a recorrer, combustible y tiempo requerido), con las cartas IGM, escala 1:250.000.
- 2- Aproximación al bloque (picadas, caminos secundarios y otros puntos notables), con las cartas-imágen en colores, escala 1:100.000, y fotografías color del monitor en escala aproximada 1:50.000 y 1:60.000.
- 3- Ubicación del bloque, definición precisa del acceso, distancias y ángulos para la ubicación de la parcela central del bloque, en referencia a puntos notables en el terreno/imágen. Esta es la ruta probable definida en el laboratorio, a través del sistema de análisis de datos digitales (ERDAS).

Un resultado que demuestra la aplicabilidad de utilizar datos satelitarios TM, en campo y laboratorio, lo constituye el hecho de haber ubicado el 100% de los bloques a medir (31 en la primera etapa). En otros proyectos (FAO, 1977) la carencia de estos elementos significaron un número importante de bloques no ubicados, siendo este un gran inconveniente para el análisis estadístico y por los costos de desplazamientos inútiles.

Es destacable que los procedimientos citados son realizados por los grupos que desarrollan los trabajos de campo como una tarea de supervisión de la ubicación de la unidad de muestreo realizada en laboratorio, desde donde se define una ruta probable.

2- PERCEPCION REMOTA

2.1- Definiciones.

El término percepción remota (del inglés remote sensing) se utilizó por primera vez en los años 60 por los geógrafos de la Oficina de Investigación Naval (Office of Naval Research) de USA, con el fin de aplicarlo a la información proveniente de instrumentos

fotográficos y no fotográficos. Es posible encontrar varias definiciones en los textos especializados, como ser:

- percepción remota es la medición o adquisición de información sobre alguna propiedad de un objeto o fenómeno por un instrumento de registro que no está en contacto físico o íntimo con el objeto o fenómeno bajo estudio (Colwell, 1.983).
- es la adquisición de información acerca de un objeto sin estar en contacto físico con el mismo (Sabins, 1.977).
- es el arte y la ciencia de obtener información sobre un objeto, zona o fenómeno, a través del análisis de información obtenida por un dispositivo que no se encuentra en contacto con el objeto, zona o fenómeno en investigación (Lillesand y Kiefer, 1.987).

Observando coincidencias en varios puntos fundamentales, se aprecia que la percepción remota requiere de :

- a) Una fuente emisora de energía.
- b) Un objeto a estudiar.
- c) Un sistema capaz de captar información.
- d) Una distancia entre el objeto a estudiar y el sistema que puede captar la información.

La adquisición de información se realiza a través de los sensores remotos, que son instrumentos, órganos o sistemas que detectan a distancia alguna propiedad de un objeto o fenómeno midiendo algún tipo de radiación proveniente de él.

Los sensores remotos pueden medir variaciones en:

- a) Campos de fuerza (magnética y gravitacional); magnetómetros.
- b) Campos electromagnéticos: cámaras fotográficas, barredores multiespectrales, radares.
- c) Vibraciones acústicas: sonar.

2.2-Principios de la Percepción Remota (P.R.)

La principal base física de la percepción remota, es la capacidad de los instrumentos sensores, para medir variaciones espectrales, espaciales y temporales en los campos energéticos. Desde el punto de vista de la aplicación de la PR al estudio de los recursos

naturales, estas fuentes quedarán limitadas al empleo de ondas electromagnéticas. La interacción de la REM con la atmósfera y la superficie terrestre, comprende procesos de absorción, reflexión y transmisión (figura 4).

Un ejemplo sencillo de como opera en general la PR se muestra en la figura 5, donde se aprecia la fuente emisora de energía que emite la radiación electromagnética (REM) , en este caso la fuente es el-sol y la tierra el blanco sobre el que esta incide, para luego ser capturada por el sensor.

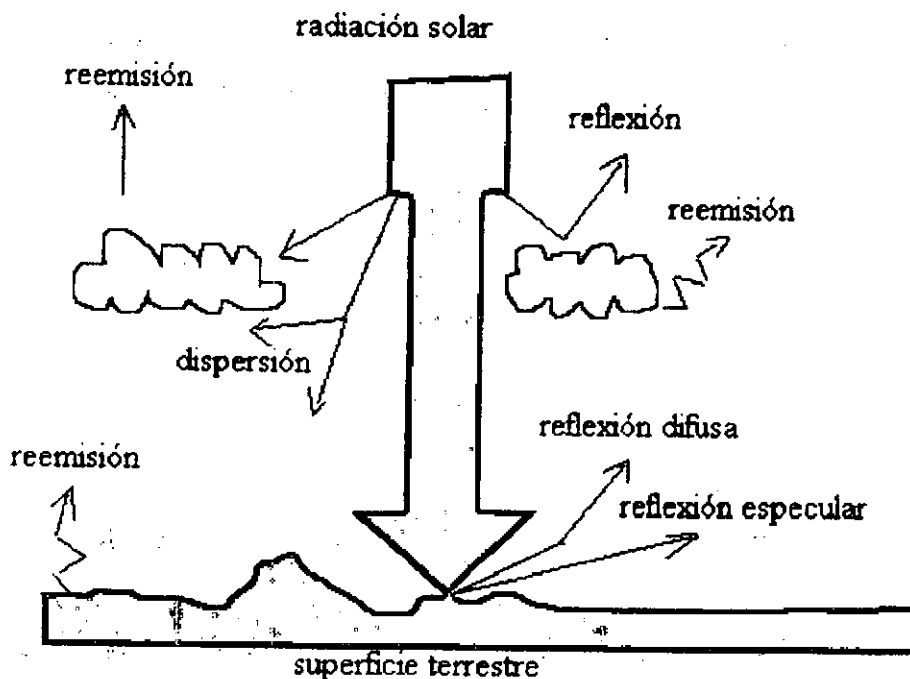


Figura 4- Interacción entre la REM y la atmósfera

2.2.1-Síñal Detectada por un Sensor

Un sensor es un dispositivo capaz de responder a REM de una determinada porción del espectro electromagnético (EEM), registrarla y generar un producto en una forma adecuada para ser interpretada. Según las diferentes interacciones entre la REM y la atmósfera, la radiación detectada está compuesta de la siguiente forma:

$$L = L_s + L_a + R$$

donde:

L = radiancia total que llega al sensor

L_s = radiancia de la superficie

L_a = radiancia de trayectoria

R = ruido inherente al sistema sensor

$L_a + R$ = señal no deseada

Según algunos autores (Reeves, 1975) la radiancia o señal de un objeto, detectada por un sensor posicionado verticalmente y sobre de la atmósfera, posee dos componentes:

- 1) la radiancia del objeto que (L_s) que llega al sensor con la interferencia de los efectos atmosféricos y que fué denominada señal útil
- 2) sumado a la primera, las interacciones de la REM con la atmósfera, llamada radiancia de trayectoria (L_a), que sumada al ruido (R) inherente al sistema sensor se denomina señal no deseada

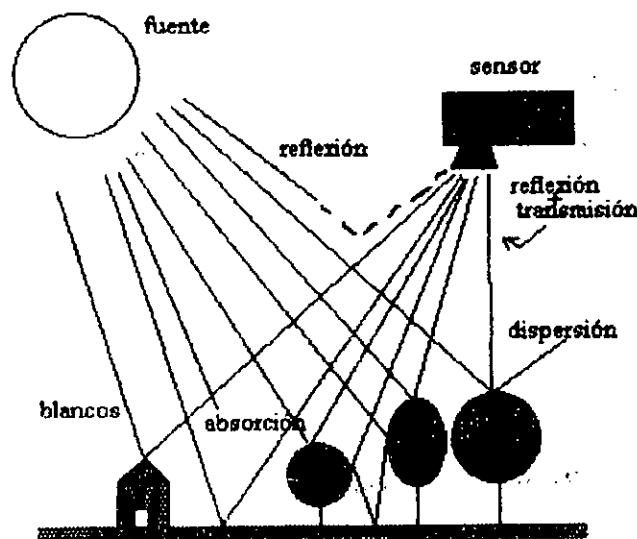


Figura 5- Esquema básico de la percepción remota.

2.3-Ventajas y Limitaciones de la Percepción Remota

Las principales ventajas de la percepción remota pueden resumirse en:

- Se tiene visión de conjunto, esto facilita el análisis especialmente válido en estudios regionales de grandes superficies.
- Mantiene registros permanentes, con exactitud de las condiciones en el momento de realizar el estudio.
- Los estudios se realizan en forma más eficiente; el poder observar en conjunto no solo los rasgos objeto de estudio (vegetación, suelo, relieve, etc.) sino también obras de infraestructura, ubicación de pueblos y ciudades, etc.; permitiendo una óptima planificación de los trabajos.
- Facilita la actualización de estudios ya realizados; La posibilidad de obtener información repetitiva de un mismo punto de la superficie terrestre, especialmente con sistemas operados desde satélites, permite el seguimiento o vigilancia del medio ambiente de épocas diferentes (monitoreo).
- Es posible concentrar en un mismo tipo de imagen los resultados de estudios multidisciplinarios.
- Permite realizar ciertas mediciones sin ir al terreno.

Entre las desventajas de la aplicación de la percepción remota están:

- No permite evaluar las características internas de los cuerpos naturales (solo el radar en condiciones especiales, tiene alguna capacidad de penetración).
- Su empleo requiere entrenamiento especial, más riguroso en la medida en que se empleen sistemas más sofisticados.
- La observación desde otra perspectiva a la usual puede dificultar la identificación de los objetos y rasgos.

3. EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO (EEM)

3.1- Propiedades Fundamentales de la Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética (REM) se propaga con una velocidad aproximada de 300.000 Km/seg., partiendo de una fuente a través de un espacio libre o indirectamente por reflexión y reirradiación. El EEM es un arreglo continuo de radiaciones, ordenado en función

de la longitud de onda o frecuencia. La radiación electromagnética forma una ligación entre el sensor y los cuerpos distantes que son el objeto de estudio.

Los cambios en la cantidad y en las propiedades de la REM se tornan, a partir de su detección, en valiosas fuentes de datos para la interpretación de importantes propiedades del medio con el que interactúa. La comprensión de las propiedades fundamentales de la REM, permite que sea utilizada en aplicaciones más sofisticadas de lo que la visión humana normal puede percibir.

Dentro del EEM, la radiación visible ocupa una pequeña región, los sensores montados en plataformas orbitales son capaces de recibir y registrar variaciones de energía en diversas regiones del espectro, incluyendo la región visible.

No existen instrumentos o mecanismos que puedan detectar la emisión de EEM a lo largo de todo su amplísimo espectro, razón por la cual se lo ha dividido en varias "regiones espectrales". Esta subdivisión es arbitraria y se basa en los medios actuales para generación y detección de energía.

3.2-Regiones del EEM. Importancia en la Percepción Remota.

Ciertas regiones del EEM tienen determinadas propiedades y limitaciones, a continuación se citan las siguientes:

- Rayos cósmicos y gamma. Menos de 0.03 nanómetros. Radiación proveniente del sol, es absorbida completamente por la atmósfera superior y no es utilizable en la PR. La radiación gamma proveniente de minerales radiactivos es detectada por detectores operantes desde aviones a baja altitud.
- Rayos X. Entre 0.03 y 3.00 nanómetros. La radiación electromagnética proveniente del espacio se absorbe completamente por los gases de la atmósfera, por esto no es posible su uso en PR. Su utilización requiere de una corta distancia entre el sensor y el blanco.
- Ultravioleta (UV). 3 nanómetros a 0.4 μm . La radiación de longitud de onda menor de 0.3 μm es completamente absorbida por el ozono de la atmósfera superior, solo se usa en PR la región comprendida entre 0.3-0.4 μm denominada UV fotográfico, el cual es transmitido a través de la atmósfera; es detectable con película y con fotodetectores aunque la dispersión atmosférica es severa.
- Visible. 0.4 - 0.7 μm . Detectables con películas o fotodetectores. Rango de operaciones de la fotografía convencional. Incluye el pico de reflectancia de la tierra a 0.5 μm . Por ser la única región a la cual es sensible el ojo humano, es la mas utilizada en PR.

- Infrarrojo (IR) > 0.7 - 14.0 μm . La interacción con la materia varía según la longitud de onda. Las principales regiones del IR son:

- IR reflejado: 0.7 - 3.0 μm . Es energía reflejada y no contiene información sobre las propiedades térmicas de los materiales a las temperaturas corrientes en la superficie de la tierra.

a) IR cercano: 0.7 - 1.3 μm ., en éste se encuentra el límite máximo para la operación de los sistemas fotográficos (0.9 μm).

b) IR medio: 1.3 - 3.0 μm . es la región del IR donde se presenta la mayor influencia de las zonas de absorción de la radiación electromagnética, este fenómeno limita considerablemente la utilización de esta región.

- IR termal: 3.0 - 14.0 μm . presenta dos "ventanas" de 3-5 y 8-14 μm . Las imágenes para esta región se obtienen con barredores ópticos-mecánicos, pero no directamente sobre películas.

- Microondas: 0.3 cm. - 3.0 m. Atraviesan nubes y neblinas. Las imágenes pueden adquirirse en forma activa o pasiva, un sensor de microondas utilizado en la percepción remota es el radar.

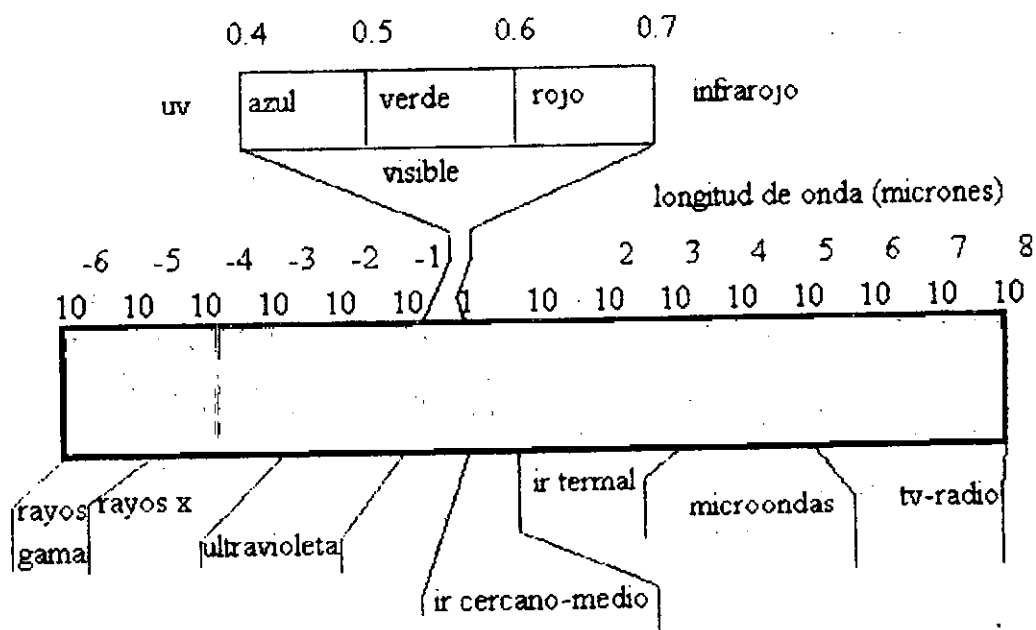


Figura 6- El espectro electromagnético y sus diferentes regiones (adaptado de EOSAT, 1990).

4-INTERACCION ENTRE EL EEM Y LOS CUERPOS. CONCEPTO DE RESOLUCION

4.1-Respuesta Espectral de Diferentes Tipos de Coberturas de la Tierra.

La reflectancia espectral es la porción reflejada de la energía incidente. Las curvas de reflectancia características de la reflectancia del suelo, vegetación y agua están en función de la longitud de onda (figura-7).

La fracción de energía reflejada en una longitud de onda en particular varía para las diferentes coberturas de la tierra. De esta manera, dos tipos de cobertura que no son distinguibles en un rango espectral pueden ser muy diferentes en otra banda del espectro.

Según EOSAT (1991), estas coberturas más comunes se caracterizan por:

-Suelos: En la región visible del espectro, la textura, rugosidad de la superficie y presencia de humedad, óxidos de hierro y materia orgánica, puede reducir la reflectancia. La disminución de la reflectancia de un suelo debido a la humedad es más notable en la región del infrarrojo medio (1.3 - 3.0 μm .).

-Vegetación: La curva de reflectancia espectral para la vegetación verde, sana, muestra normalmente picos de máximos y mínimos. La reflectancia en la región visible se debe a los pigmentos en las hojas de las plantas, la clorofila absorbe fuertemente la energía electromagnética de longitud de onda entre 0.45-0.65 μm . La vegetación sana aparece verde debido a la relativamente alta reflectancia de la energía en la región verde por las hojas de las plantas y la alta absorción del azul y el rojo. La reflectancia en IR cercano es determinada por la estructura celular, en el IR medio, la reflectancia se debe al contenido del agua en la planta. De esta manera la reflectancia varía durante el ciclo de crecimiento en las plantas.

-Agua: En la región visible, la energía que llega al sensor desde un cuerpo de agua puede ser reflejada desde la superficie del agua, de partículas en suspensión en la misma, o desde el fondo si el agua es clara y limpia. El agua que contiene grandes cantidades de sedimentos en suspensión normalmente tiene una reflectancia mucho mayor que el agua clara (en la misma área geográfica). Los elementos más comunes en presentarse en suspensión en los cuerpos de agua son la clorofila, taninos y sedimentos inorgánicos. Un incremento en el contenido de clorofila en el agua, tiende a disminuir la reflectancia en la porción espectral

correspondiente al azul (0.45-0.50 μm .) y un incremento en la región del verde (0.50-0.58 μm .), se usan estas particularidades para analizar poblaciones de algas.

La región del espectro visible, provee información sobre turbidez del agua, niveles de profundidad, corrientes y movimientos de sedimentos.

Debido a la absorción de la energía en longitudes de onda correspondientes al IR, se usa esta región para localizar y delinear los cuerpos de agua.

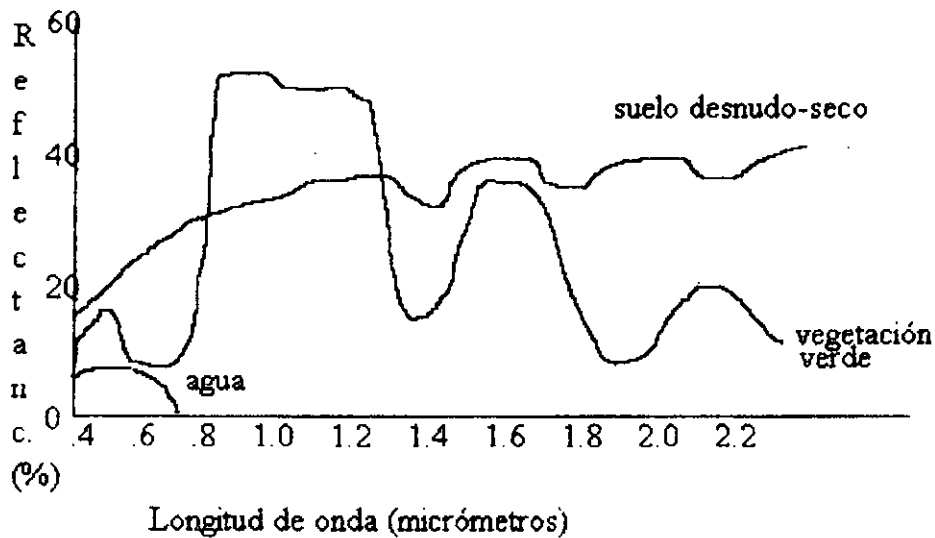


Figura 7- Curvas de reflectancia de diferentes cuerpos (adaptado de Lillesand y Kiefer, 1987).

4.2—Firmas Espectrales

Coberturas tales como el suelo, vegetación, agua y otros, son discernibles espectralmente en dependencia de la región del EEM en la que se busque esta separación.

Esto se produce debido a que las diferentes coberturas de la tierra, reflejan y/o emiten radiación electromagnética de una manera particular, según lo citado anteriormente. De esta manera, la mejor diferenciación entre el agua y la vegetación se produce en la porción infrarroja del espectro; así también agua y suelo, tienen un patrón de respuesta espectral que los caracteriza; esto es lo que se denomina firma espectral (del inglés spectral signature).

Chuvienco (1990), cita que el comportamiento espectral de una determinada cobertura de la tierra, depende además de otros factores, como ser:

- a) ángulo de iluminación solar, dependiente a la fecha del año y momento de paso del satélite
- b) modificaciones que el relieve introduce en el ángulo de iluminación, por pendiente u orientación de laderas
- c) influencia de la atmósfera, especialmente por dispersión selectiva de distintas longitudes de onda
- d) variaciones de la cobertura debidas al medio ambiente: fenología, homogeneidad.
- e) ángulo de observación, relacionado a la órbita del satélite y características del sensor

De lo citado precedentemente, se puede decir que lo que se ha definido como firma espectral, deja de tener un sentido estricto tal la significación del término, un mismo cuerpo puede tener diferentes respuestas en términos de radiación detectada por un sensor.

De todas maneras, las curvas de reflectividad obtenidas en laboratorio, permiten interpretar más fielmente las imágenes satelitarias y seleccionar las bandas espectrales más aptas para la discriminación de coberturas en particular.

4.3- Ventanas Atmosféricas

A pesar de la gran absorción de radiaciones producida por la atmósfera en diferentes longitudes de onda, es posible encontrar algunas regiones del EEM donde hay una mayor transmisión de la REM.

Montoya Pérez (1986) denomina ventanas atmosféricas a las regiones comprendidas entre bandas de absorción, donde la atmósfera transmite mejor la REM. Estas ventanas atmosféricas son las zonas del espectro utilizadas para la percepción remota, son las porciones del EEM donde los sensores capturan la radiación proveniente de los cuerpos en estudio. El vapor de agua, dióxido de carbono y ozono, son los elementos que producen la mayor absorción.

5- DETECCION, TRANSFORMACION Y REGISTRO DE LA ENERGIA

El flujo de información que llega hasta un sensor, debe ser en primer lugar detectado, luego transformado y registrado para su posterior análisis. El registro de la información puede realizarse en dos formas, gráfica y digital.

5.1- Registro Gráfico

El registro gráfico se produce en emulsiones fotográficas o en monitores de computadores y/o TV, donde se registra:

- a) La posición planimétrica, es decir las coordenadas X e Y referida a un sistema arbitrario de coordenadas, estando afectados por las deformaciones geométricas propias del sistema.
- b) La intensidad y banda espectral de la energía recibida. Por lo general, este tipo de registro es utilizado para longitudes de onda correspondientes al espectro visible y al infrarrojo cercano.

Con esta información gráfica se facilita el análisis visual de los datos recibidos.

5.2- Registro Digital

Para la mayoría de los sensores que trabajan fuera de la región visible del espectro, la aplicación directa del registro gráfico (en tiempo real) resulta complicada, por lo cual se prefiere registrar inicialmente la información en forma digital para producir posteriormente una imagen fotográfica.

La información recibida es cuantificada y registrada en soportes magnéticos, de esta manera se registra la información correspondiente de diversos parámetros de la energía recibida, como ser:

- a) frecuencia (banda del espectro)
- b) intensidad (transformada en voltaje)

Según el tiempo en que se realizó el registro se podrá:

- a) Relacionar la información digital con la información gráfica de la misma zona obtenida por otro medio.
- b) Relacionar la información multiespectral correspondiente a un mismo punto del terreno.

La información digital puede ser estudiada a través de computadores, facilitándose la comparación de información correspondiente a diferentes bandas del espectro; puede producir una imagen gráfica obteniéndose un producto con menor información, producida por una compresión de tonos o sea una disminución de la escala tonal.

5.3- Concepto de Resolución en Imágenes Satelitarias

Resolución es un término usado generalmente para definir el área de terreno que representa un punto de la imagen (pixel). Esto es muy inadecuado ya que pueden distinguirse cuatro tipos diferentes de resolución (figura 8), como se verá a continuación.

5.3.1-Resolución Espacial

La resolución espacial es una medida de los objetos más pequeños que pueden ser determinados por un sensor, o el área de la tierra representada por cada "pixel". A una mayor resolución corresponde un número menor, es el caso de una resolución espacial de 30 metros, más grosera que una de 10 metros.

5.3.1.1-Detección de Objetos Menores

Objetos de tamaños menores al tamaño del elemento de resolución de un sensor, pueden ser detectados en la imagen si contrastan ampliamente con los que los rodea, tal como sucede con caminos, picadas, deslindes (en algunos casos con TM) y drenajes.

5.3.2-Resolución Espectral

La resolución espectral se refiere a los intervalos específicos dentro del EEM, en el que un sensor registra datos. Como ejemplo, la banda 4 del Mapeador Temático (TM), que registra energía electromagnética comprendida entre 0.76 y 0.90 micrones.

Un intervalo amplio de este registro, caracteriza una resolución grosera; mientras que bandas estrechas corresponden a una resolución fina. Si se compara la banda 4 del TM con la banda pancromática (0.51 a 0.73 micrones) del sensor HRV del satélite SPOT, el TM presenta una resolución espectral más fina que el HRV.

5.3.3- Resolución Radiométrica

Se refiere al rango dinámico o valores de brillo en que se graban los datos percibidos por el sensor. En el TM, equivale a decir que un pixel puede tener hasta 256 valores de brillo (8 bits), de esta manera se origina una imagen de gran riqueza tonal.

5.3.4-Resolución Temporal

La resolución temporal, se refiere al tiempo que media entre un registro y otro de la misma porción de la superficie terrestre. Para los satélites Landsat 4 y 5, es de 16 días; esto

es muy importante cuando se precisan estudiar fenómenos que varían en determinados periodos de tiempo, como los incendios, desmontes, fenología, inundaciones, plagas, etc.

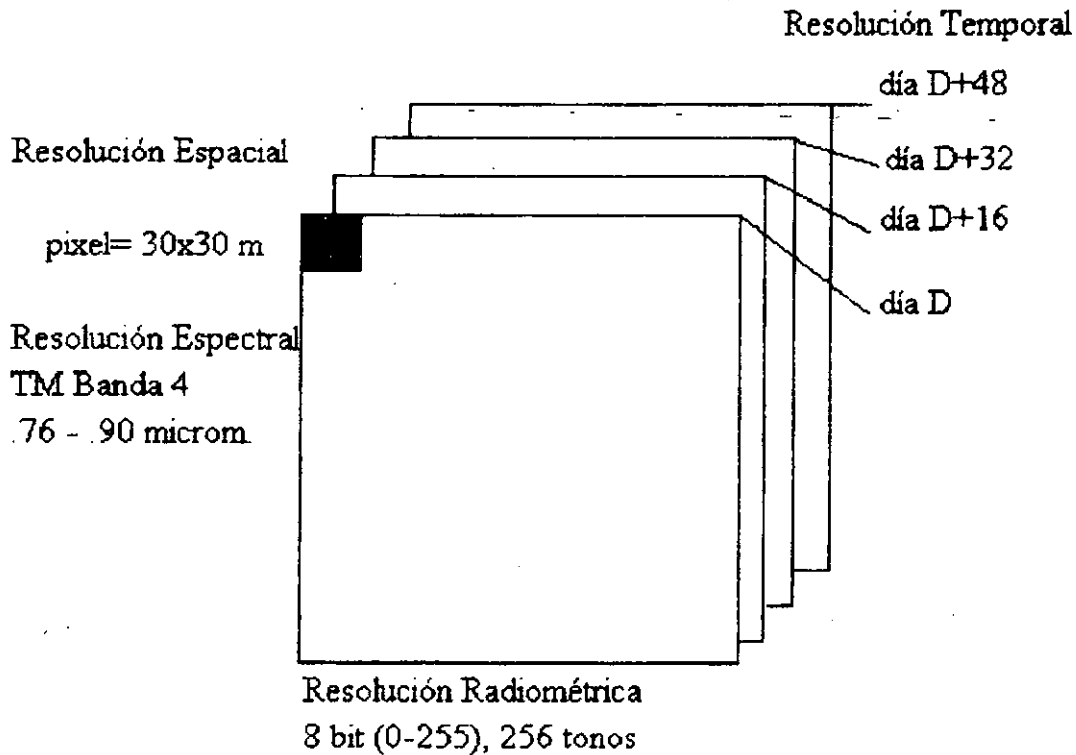


Figura 8- Tipos de resolución en percepción remota, caso de una escena TM Landsat (adaptado de Eosat, 1990).

6- SISTEMAS Y SENSORES SATELITARIOS

6.1- Sistema Landsat

Las misiones orbitales Mercurio y Géminis, a través de sus primeras tomas fotográficas desde el espacio, evolucionaron hasta originar los conceptos básicos para el nacimiento de los satélites para estudios de recursos naturales, al quedar demostrado el enorme campo de aplicación práctica de las imágenes captadas desde el espacio. Al principio ERTS, luego y hasta nuestros días estos satélites serían conocidos como Landsat. En 1967, la NASA había recomendado como principal sensor del Landsat, un sistema similar a la televisión, la denominada cámara RBV (Return Beam Vidicon), la que tomaría

imágenes similares a las fotografías aéreas, ya muy conocidas en cuanto a sus aplicaciones en esa época, solo que serían enviadas a través de transmisiones a una estación receptora en tierra. Estas imágenes luego demostrarían tener buena resolución espacial, más no sucedía lo mismo en lo espectral. La opinión y participación en el proyecto del Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA), determinaría con el tiempo el éxito de los Landsat, ya que previeron las deficiencias en resolución espectral del RBV y aconsejaron entonces la instalación de otro sistema sensor, un barredor multiespectral (Multispectral Scanning-MSS), considerando los éxitos obtenidos en una etapa piloto. Los estudios respecto de las características orbitales, permitieron ver que para mantener una resolución espacial y escala casi constantes era necesaria una órbita circular. Para tener una iluminación constante, la órbita debía ser sincrónica con el sol; además el estudio de los mismos sitios en épocas diferentes determinaba su carácter repetitivo (Montoya Pérez, 1986).

6.2- Descripción General del Programa Landsat

Los sensores montados sobre los satélites Landsat son del tipo pasivos, ya que operan captando energía reflejada a partir de una fuente de energía externa, tal fuente es el sol. Los rayos solares proveen la energía electromagnética (EEM) que sufre transformaciones en su interacción con la atmósfera y la superficie terrestre, luego es reflejada pasando nuevamente por la atmósfera y finalmente captada por los sensores a bordo del satélite. La energía captada se registra en forma digital; así estos datos pueden ser enviados directamente a tierra (en tiempo real) o grabados y con posterioridad transmitidos a tierra.

Las estaciones terrestres reciben la información que luego es procesada para introducir correcciones geométricas, radiométricas, etc. La información que se distribuye al público, desde estaciones receptoras próximas a sus países, o directamente desde el servicio para usuarios (Eosat, USA) es en forma de cintas compatibles con computadoras (CCT), cassettes de 8mm, diskettes o como material fotográfico (copias en papel o transparencias).

6.2.1- Órbita y Cubrimiento

La órbita seleccionada para la serie Landsat corresponde a una órbita circular casi polar, repetitiva, de modo que pasa por el mismo sitio cada 18 días para Landsat 1, 2 y 3; y cada 16 días para Landsat 4 y 5. Esta órbita circular, permite mantener una resolución espacial y escala casi constante.

Es sincrónica con el sol para tener iluminación constante, la altura de la órbita en el Ecuador es de 913 km. para Landsat 1, 2 y 3 es de 705 km. para Landsat 4 y 5, pasando por el Ecuador aproximadamente a las 09.30 a.m. tiempo local. Las separaciones entre órbitas son para Landsat 4 y 5 de 2752 Km, las imágenes presentan a nivel del ecuador un recubrimiento de 7,6 % , el cual aumenta hacia los polos teniendo en cuenta que la faja de 185 Km. cubierta por el satélite permanece constante.

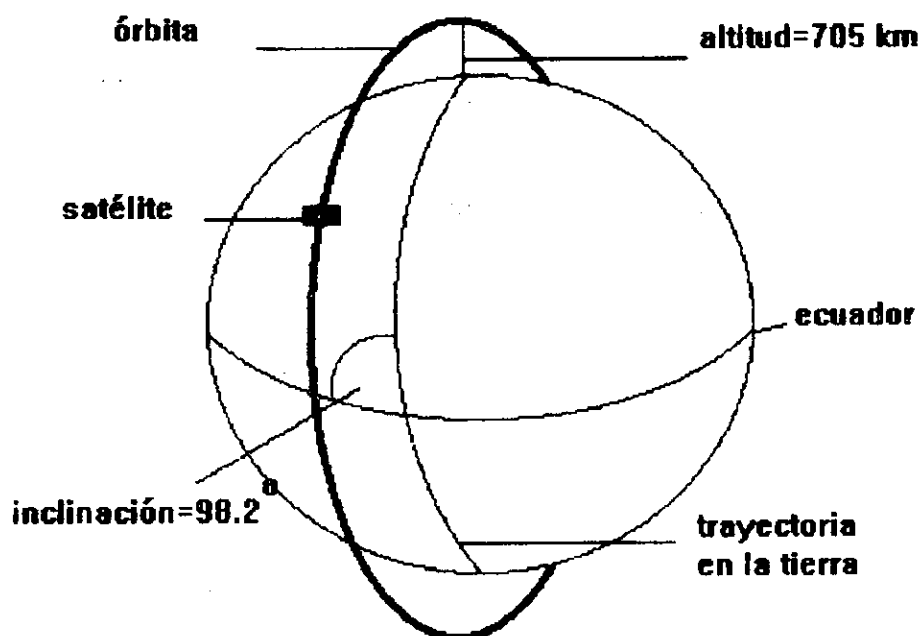


Figura 9- Principales características de la órbita de los satélites Landsat 4 y 5 (modificado de Eosat, 1990).

6.2.2- Sistema de Referencia Mundial (WRS) de Landsat

La repetitividad de la órbita Landsat, ha permitido desarrollar un sistema de referencia mundial (WRS) conformada por trayectorias (path) sobre las que se ubican las filas (centros de las imágenes- row), estos puntos centrales pueden variar en más o en menos 30 km.

En Landsat 1,2 y 3 el WRS estableció 251 órbitas, correspondientes al cubrimiento de la tierra en 18 días (resolución temporal). Al disminuir la resolución temporal para los Landsat 4 y 5 (16 días) el WRS es diferente y presenta así 233 órbitas.

Existen mapas índices para estas dos circunstancias citadas, por lo que es importante constatar previo a la selección de una escena, primero la correspondencia con el WRS adecuado y luego las coordenadas geográficas del centro y/o los vértices de la misma (cuando la escena ya ha sido grabada). Esta información se encuentra disponible en los listados que proveen las agencias distribuidoras de productos Landsat, luego es posible ubicar perfectamente el área cubierta por cada escena.

6.2.3- Sensores a Bordo, Características Principales

Los satélites de la serie Landsat llevan actualmente a bordo dos tipos de sensores, denominados MSS (Barredor Multiespectral) y TM (Mapeador Temático); anteriormente el ya citado RBV, en los LANDSAT 1, 2 y 3, actualmente no operables, por ello se describen ahora el MSS Y TM. Para 1993, está programado que el Landsat 6 lleve un nuevo sistema denominado ETM (Mapeador Temático Mejorado) el que incorporará una nueva banda (pancromática) con una resolución espacial de 15 metros.

6.2.3.1- Barredor Multiespectral (MSS)

El MSS del sistema Landsat es un sistema de barrido de líneas generalmente clasificado como un "barredor óptico mecánico", inicialmente diseñado para el registro de radiación térmica (figura 11).

El MSS usado en las series 1, 2, 4, y 5 tiene cuatro bandas; cinco bandas en la serie 3, utiliza un movimiento transversal exploratorio de 185 km. de ancho y toma simultáneamente 6 líneas en cada una de las bandas espectrales.

El terreno es barrido por un espejo giratorio, con un campo de visual instantáneo que cubre un cuadrado de 79 metros de largo constituyendo la célula de resolución terrestre (ground resolution cell).

La reflexión de la radiación solar recibida por los objetos es captada por un espejo oscilante (figura 10); estas oscilaciones son perpendiculares a las órbitas, la colección de datos se efectúa solo cuando el espejo barre hacia el este. La otra parte de la oscilación (retorno) la emplea el sistema para efectuar calibraciones.

La imagen de una escena MSS cubre 185 x 185 km., contiene 2.340 líneas de barrido, cada una con 3.240 pixels, de ello resulta una cantidad de aproximadamente 7,6 millones de pixels, cada uno caracterizado por un número digital (DN) en cada banda, correspondiendo a los valores de reflectancia que toma el sensor. Estos DN son los datos básicos grabados en

los soportes magnéticos que pueden analizarse a través de computadores. Una escena completa cubre así un área de aproximadamente unas 3.425.000 hás (34.220 km^2). El MSS capta información en cuatro bandas espectrales, como se muestra a continuación (excepto para el Landsat 3):

Banda	Intervalo	Color corresp.
4	0,5-0,6	verde
5	0,6-0,7	rojo
6	0,7-0,8	rojo-ir
7	0,8-1,1	ir

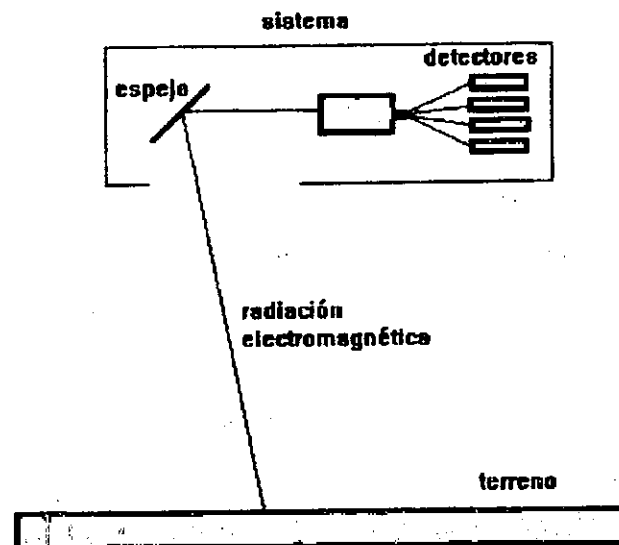


Figura 10- Esquema de funcionamiento del MSS.

6.2.3.2- Mapeador Temático (TM)

Este sensor al igual que el MSS, capta la información por medio de un espejo oscilante que barre el terreno en sentido perpendicular al desplazamiento del satélite. La colección de datos en el TM, se efectúa en las dos direcciones de movimiento del espejo oscilante (este y oeste). Comparado con el MSS, el sensor TM posee una mayor resolución espacial; la resolución sobre el terreno es de 30×30 mts. en todas las bandas, excepto en la 6 correspondiente al infrarrojo térmico, de 120×120 mts. Esta mayor resolución espacial

permite mejorar la definición de rasgos del terreno e infraestructura, clasificar áreas más pequeñas y aumentar la precisión en las estimaciones de superficies; además por ello mismo las imágenes resultantes son un mejor elemento de orientación en el terreno.

El TM opera en siete bandas espectrales discretas, siendo cada una de ellas definida por cuidadosos estudios, luego de los cuales se designaron los siguientes rangos espectrales para cada una, según Ardila T. y Montoya J.A. (1985) son: :

BANDA 1.- 0.45 a 0.52 μm (azul): diseñada para penetración en cuerpos de agua, por lo cual se considera de especial utilidad en mapeo de aguas costeras. Útil para diferenciar suelo de vegetación, también entre especies latifoliadas y coníferas.

BANDA 2.- 0.62 a 0.60 μm (verde): diseñada para medir el pico de reflectancia de la vegetación; para estimación de su vigor. También útil para diferenciar tipos de rocas.

BANDA 3.- 0.63 a 0.69 μm (rojo): corresponde a una banda de absorción de la clorofila; importante para la discriminación del tipo de vegetación.

BANDA 4.- 0.76 a 0.90 μm (infrarrojo cercano): útil en la determinación de biomasa y la delineación de cuerpos de agua.

BANDA 5.- 1.55 a 1.75 μm (infrarrojo medio): indicativa del contenido de humedad de la vegetación y de la humedad del suelo, útil en la diferenciación entre nieve y nubes.

BANDA 6.- 10.40 a 12.50 μm (infrarrojo termal): usada en el análisis de stress de la vegetación, discriminación de la humedad del suelo y mapeo termal.

BANDA 7.- 2.08 a 2.35 μm (infrarrojo lejano): su potencial está en la discriminación de rocas.

El listado anterior es solo una breve descripción de las potenciales aplicaciones de cada una de las bandas del TM. La selección de bandas, hizo énfasis en el monitoreo de la vegetación con excepción de la banda 7, diseñada específicamente para aplicaciones geológicas.

6.2.4-Productos Disponibles

El programa Landsat, ha sido concebido con el propósito de prestar sus servicios para evaluación de los recursos naturales en todo el planeta; por ello, la información se pone a disponibilidad de los científicos y técnicos de todo el mundo a través de diferentes agencias de distribución de datos Landsat.

Los productos ofrecidos son diversos según los equipos que posean los usuarios para su utilización. Tienen un costo adicional variable según lo solicitado, así se pueden obtener productos de precisión o de procesamiento especial. Tal es el caso de las cintas compatibles con computador CCT y cassettes de 8 mm., que se producen con correcciones radiométricas y geométricas. Los productos más usuales son:

Productos Fotográficos

- **película, formato 70mm** (escala + ó - 1:3.369.000). Se usa para interpretación con ayuda del visor multiespectral; los negativos pueden utilizarse también para hacer ampliaciones hasta un formato de aproximadamente 25 cm. (escala aprox. 1:740.000).
- **película, formato 18,5 cm.** (escala aprox. 1:1.000.000). Los positivos se usan tanto para hacer composiciones de color, como para interpretación directa. Los negativos se usan para realizar ampliaciones, es posible obtener así escalas del orden de 1:200.000.
- **fotografías formato 18,5 cm.** Usadas generalmente para ilustrar artículos de carácter técnico, elaborar mosaicos y eventualmente para interpretación directa.
- **ampliaciones, formato 37 y 74 cm.** (escala 1:500.00 y 1:250.000). Utilizadas generalmente para interpretaciones directas y para control de la interpretación en el campo.

También se producen ampliaciones en papel fotográfico de formatos mayores y/o para cuartos de imágenes separadamente; en TM escenas por cuartos en escala de 1:100.000 y 1:50.000 . Se pueden adquirir escenas móviles, que son porciones de imágenes o sub-escenas en una posición que puede ser solicitada según las coordenadas del área de interés, solo para escenas ya grabadas.

Productos Digitales

- **Cintas compatibles con computador-CCT**
- **Cassettes de 8 mm.**
- **Diskettes 5 1/4 " : para sub-escenas de 512 x 512 pixels, solo de escenas ya grabadas.**

--- Conviene aclarar, que las agencias de distribución generalmente no ofrecen todos los productos mencionados, adaptándose a sus capacidades de generación y también a las características del mercado de usuarios locales.

Existen además otras posibilidades a través de empresas especializadas, que proveen imágenes elaboradas a través de impresoras láser, chorro de tinta, diapositivas y negativos 35 mm., de menor resolución a las distribuidas por los grandes centros, pero de gran utilidad en muchas aplicaciones.

6.2.4.1- Precios de Datos Landsat

Para levantamientos a realizarse en la Argentina, existen dos posibilidades de adquisición de datos Landsat, una a través del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (INPE), donde existe una estación de recepción de datos MSS y TM. El área de cobertura de esta estación, abarca nuestro país hasta cubrir casi totalmente la provincia de Buenos Aires. La otra posibilidad es a través del representante nacional de EOSAT, la empresa que tiene los derechos de comercialización de los datos Landsat, en USA.

La primera opción resulta muy conveniente desde el punto de vista de que el INPE tiene gran cantidad de escenas grabadas de la Argentina (dentro del area cubierta por su antena receptora), lo que no sucede con EOSAT, que registra escenas de nuestro país solamente a pedido y por lo tanto en muchas oportunidades no existen datos de determinados lugares.

A continuación se dan valores de algunos productos TM comercializados por INPE :
(dic. 1991)

<u>Productos TM</u>	<u>Precios en US\$</u>
(Blanco y negro)	
184x185 km	
transparencia positiva 1:1.000.000	250
papel " " "	200
papel 1:250.000	350
92x92 km (cuadrante)	
transparencia positiva 1:500.000	250
papel " " "	200
papel 1:100.000 *	380
46x46 km (sub-cuadrante)	
papel 1:50.000 *	380
(Color)	
184x185 km	
transparencia positiva 1:1.000.000	480
papel " " "	400
papel 1:250.000	550
92x92 km (cuadrante)	
transparencia positiva 1:500.000	480
papel " " "	400
papel 1:100.000 *	600
46x46 km (sub-cuadrante)	
papel 1:50.000 *	600

* Productos de distribución controlada por el Ministerio de las Fuerzas Armadas de Brasil, según legislación específica.

<u>Productos TM</u>	<u>Precios en US\$</u>
Cintas Compatibles con Computador-CCT	
(productos sin correcciones)	
escena completa 7 bandas 7 cintas	3.300
escena completa 3 bandas 3 cintas	2.000
cuadrante 7 bandas 3 cintas	1.500
cuadrante 3 bandas 1 cinta	800

7- Caracterización y Formación de una Imagen Satelitaria

7.1- Imagen Digital

Siendo los productos fotográficos los más conocidos, es conveniente definir a una imagen satelitaria considerada como un conjunto de datos numéricos discretos, en un arreglo particular. De esta manera puede considerarse a una imagen como una matriz, cuyos índices de filas y columnas identifican espacialmente un punto, el valor correspondiente a cada elemento de matriz identifica su nivel de gris.

Cada elemento de esta matriz es denominado como elemento de imagen o pixel (elemento pictórico, del inglés picture element).

Una imagen Landsat TM posee unos 38 millones de pixels por banda, por lo que el volumen de datos en una escena completa es de aproximadamente 270 Mbytes.

Las imágenes se comercializan en forma de cintas compatibles con computador (CCT), cartuchos de 8 mm o diskettes (miniscenas, de 512x512 pixels).

7.2- Composición de Imágenes

Como se vió anteriormente, los datos satelitarios inicialmente se encuentran en formato digital, esto es en un arreglo numérico; por lo tanto para realizar un análisis visual es necesario transformarlos de alguna manera a analógicos, para visualizarlos como imagen fotografica y/o en un monitor de computador.

Las imágenes más conocidas son las de formato fotográfico, una de las maneras de producirlas es a través de técnicas fotográficas que utilizan filtros de colores para cada una de las tres bandas utilizadas (por ejemplo rojo, verde y azul) obteniéndose de esta manera las denominadas imágenes en falso color. A través de plotters electrostáticos, es posible producir imágenes sin intervención de técnicas fotográficas convencionales.

También se generan imágenes compuestas por varias bandas espectrales sobre un monitor de computador. El monitor posee tres planos de color (rojo, verde y azul), sobre cada uno de ellos es posible posicionar (desplegar) una banda determinada, con ello se consigue un efecto similar al descrito anteriormente. De esta manera se combinan en diferente orden de banda/plano de color, para producir imágenes con características particulares, estas combinaciones persiguen incrementar el impacto sobre el analista,

ampliando el poder de discriminación sobre los elementos de estudio registrados por los sensores. Existen así algunas combinaciones de bandas más utilizadas, según Erdas (1991):

Combinaciones

Bandas 1,2,3 (R,G,B) - crean una imagen en color real o verdadero (true color); los objetos se ven de una forma muy similar a como se observarían a ojo desnudo o en una fotografía color.

Bandas 4,5,3 (R,G,B) - crean una imagen en falso color; es un esquema en donde las diferentes coberturas se observarán en un color esperado; es decir la vegetación verde, aguas en azul, etc. No siendo necesariamente en el mismo tono de estas.

Bandas 4,3,2 (R,G,B) - crean una imagen tipo infrarrojo color, donde la vegetación verde se observará en tonos rojos, variando en función de su estado fenológico y las especies.

El orden 3,2,1 (R,G,B) significa que las bandas 3, 2 y 1, se ubican en los planos de color rojo, verde y azul, respectivamente. En otras palabras, la imagen resultante tendrá la banda 3 en rojo, la 2 en verde y la 1 en azul; según sea el comportamiento espectral de los cuerpos registrados por cada banda (mayor o menor absorción de la radiación electromagnética), participarán con cada color en más o en menos, en la combinación final.

8- INTERPRETACION VISUAL DE IMAGENES SATELITARIAS

8.1- Mapas Base

Al trabajar con imágenes satelitarias o cualquier otro documento obtenido a través de sensores remotos, se utilizan mapas topográficos base, sobre los que se apoyará la información resultante de la interpretación. Además, estos brindan importante información sobre infraestructura y centros poblados, elementos geográficos de referencia para la ubicación de las coberturas analizados en la imagen (bosques, incendios, agricultura, etc.), el desplazamiento en el terreno y la elaboración de la cartografía final.

La Argentina se encuentra mapeada enteramente en escala 1:250.000 por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Algunos sectores del país, están cubiertos por cartografía en 1:100.000 y menos en 1:50.000. Para la provincia de Santiago del Estero, las cartas existentes son en escala 1:250.000 y cubren enteramente la provincia. Los departamentos Copo y Alberdi, área del estudio a que hace referencia este trabajo, están comprendidos por las hojas Joaquín V. González y Nueva Esperanza (sector oeste de Copo y Alberdi) y en las hojas Monte Quemado y Campo Gallo (el centro y este restante).

Abarcan 1.5 x 1 grado, en longitud y latitud respectivamente y su proyección es conforme Gauss-Kruger. en general presentan una marcada desactualización, la que se suple en gran parte con imágenes recientes.

Cuando se realiza el procesamiento de datos digitales, se extraen los puntos de referencia terrestres de tales cartas; seleccionados generalmente en cruces de caminos y otros puntos notables en la carta y la imagen. Con las coordenadas de estos puntos, se georreferenciará la imagen, para producir una carta/imagen y/o una nueva imagen producto de la clasificación multiespectral.

8.2- Fotografías de Monitor

Para la ubicación en el campo, resulta muy útil y económico contar con imágenes fotográficas tomadas del monitor color del sistema de procesamiento de imágenes; en el caso particular de este trabajo, en escalas de 1:50.000 y 1:100.000, en formatos de 20 x 30 cm.

Las mismas son del tipo falso color (para el proyecto citado), con una combinación que presenta las coberturas con colores esperados, esto fundamentalmente para la vegetación, en diferentes tonos de verdes, facilita la interpretación de personal con poco entrenamiento.

Estas fotografías presentan distorsiones geométricas, más solo se las utiliza como referencia temática y con alguna aproximación planimétrica.

8.3-Utilización de Mapas e Imágenes como Elementos de Orientación en el Campo.

Para ubicarse en el terreno se utilizaron las ya nombradas cartas del IGM (1:250.000) donde se pueden distinguir los pueblos y parajes por sus nombres, también las distancias con respecto a puntos destacados del terreno, como pueden ser cruces y vértices de caminos y/o distancias a los campamentos.

Utilizándolas en conjunto con las imágenes se tiene la ventaja de que en estas figura información más actualizada y también a que sus escalas son mayores (1:50.000, 1:100.000).

Las cartas muestran datos sobre poblaciones más importantes, obras de infraestructura como caminos, canales, corredores de líneas de energía eléctrica y sus nombres (cuando son actualizadas), datos fundamentales para un correcto desplazamiento.

En las imágenes es posible observar los mismos elementos, y además su entorno de vegetación; son bien definidas las picadas de prospección petrolera, aún las invadidas por arbustos; son muy destacables aquellas que presentan su traza con suelo descubierto y constituyen excelentes corredores para llegar a los puntos de muestreo, no figurando generalmente en las cartas topográficas. La percepción de estos elementos del terreno menores a la resolución del sensor (30 x 30 metros en TM), como ya se dijo anteriormente, se debe a la gran diferencia de reflectancia de estos y lo circundante; de tal manera el sistema los registrará por su contraste con el entorno. Sobre algunos canales es posible distinguir en las imágenes vegetación acompañante (generalmente vinales, *Prosopis ruscifolia*), información también ausente en los mapas.

Las cartas se encuentran acotadas con una grilla externa de coordenadas, las que se utilizaron para definir puntos de muestreo (bloques) espaciados en 10 x 10 km. De igual manera, estas posiciones pueden señalizarse digitalmente sobre las imágenes, con diferentes símbolos para ubicar los bloques de parcelas de muestreo.

Los detalles mencionados anteriormente, como ser caminos, canales, picadas, vértices de linderos de campos, son puntos de referencia muy importantes para el desplazamiento en el campo. Estos sirven como puntos a partir de los cuales se pueden calcular ángulos y distancias para llegar a sitios de interés, como lo son las unidades de muestreo.

8.4- Interpretación Visual de Imágenes Landsat

La interpretación de imágenes es una técnica o procedimiento moderno de investigación, que examina las imágenes de los objetos registrados por diferentes sensores remotos con el propósito de identificarlos, deducir su significado y valorarlos según el objetivo perseguido.

Para el objetivo de un inventario forestal será entonces determinar las diferentes clases de bosques que el sistema a utilizar pueda definir, evaluar las superficies correspondientes a cada uno de ellos y ubicar los sitios de los que se tomarán muestras en el campo; es de singular importancia además para la planificación de los desplazamientos en el campo.

En el caso particular del estudio que nos ocupa, al ser la clasificación de los datos realizada en forma automatizada, la importancia del análisis visual radica en que este es una ayuda importante para determinar inicialmente los diferentes tipos de coberturas de la tierra (entrenamiento del sistema para definir clases), de esta manera se planificó el reconocimiento de campo de tales tipos. También se utilizaron fotografías aéreas y mapas temáticos antiguos.

En los trabajos de mediciones dasométricas, se han utilizado las cartas/imágen y las fotografías tomadas de monitor como un elemento indispensable para llegar hasta los bloques de parcelas. Por esta razón es de gran importancia la interpretación visual de las imágenes.

8.4.1- Principios Generales

Entre las principales referencias bibliográficas, existe una coincidencia respecto del tema a tratar, en referencia al proceso de interpretación de una imagen (fotografía aérea o satelitaria), según Molina (1982) la interpretación de imágenes se basa en principios utilizados con alguna extensión en casi todas las ciencias, entre ellos diferencia a :

- a) **Detección:** Es el descubrir la existencia de un objeto; no es solo percibir los objetos sino "extraer de forma selectiva los objetos o elementos de importancia"; p.ej. al observar elementos lineales sobre las imágenes podremos identificarlos como caminos u otras obras de infraestructura.
- b) **Reconocimiento:** Es identificar como conocido un objeto, elemento o forma directamente visible; una determinada ruta que une dos pueblos conocidos puede ser reconocida por ello.
- c) **Análisis:** Es el proceso de delineación de grupos de objetos o elementos, que tienen una individualidad definida. Es el caso de pastizales y bosques.
- d) **Deducción:** Se basa en lo que se denominan "evidencias convergentes", es la combinación de lo que se puede observar en las imágenes y aquella información que no puede extraerse de las mismas. Como ejemplo, para el norte de la provincia de Santiago del Estero, puede deducirse la presencia de un suelo arenoso y la presencia de Guayacanes (*Caesalpinia paraguariensis*) en sus adyacencias, a partir de reconocer para un determinado

color-tono-forma en la imagen satelitaria, su correspondencia con un paleocauce cubierto de pastos y/o arbustos.

e) Clasificación: Es la descripción individual de las superficies determinadas en el análisis y su arreglo en un sistema adecuado para su utilización. Para el caso de un inventario forestal sería la formación de una clasificación de bosques en función de especies y/o densidades.

8.4.2- Elementos para el Análisis

Las imágenes satelitarias con sus grandes posibilidades de combinaciones de bandas y mejoramientos, tienen su correspondencia con los elementos del terreno según colores y tonalidades, desde similares a muy diferentes. Además se agrega que se observan con una perspectiva diferente (orbital) y a una escala reducida de la real.

Por ello es necesario considerar una serie de elementos que ayudan en forma directa o indirecta en la identificación, estos son:

a) Tamaño: es la dimensión de un objeto o cobertura determinada, la medición o estimación de su tamaño puede ser suficiente para su identificación. Como ejemplo podemos citar el caso de los suelos expuestos (desnudos) que se presentan alrededor de asentamientos humanos menores - "puestos", que para ciertas combinaciones de bandas tienen tonalidades similares a las de los pueblos, en este caso el tamaño de uno comparado al otro permite identificarlos.

b) Forma: la forma de ciertos fenómenos es a veces complicada para su interpretación, más como generalidad se deben considerar a las formas geométricas como de origen antrópico (cultivos, rutas). Un caso especial para la zona de estudio la constituyen los "paleocauces", con sus formas mas o menos meandriiformes y alargadas en el sentido de la pendiente general del terreno.

c) Sitio: es un elemento muy usado para la identificación de algunos tipos de vegetación. Como ejemplo están los vinalares en las zonas adyacentes a los ríos, en áreas deprimidas con problemas de drenaje existen espacies halófitas arbustivas (jumes) coexistiendo con vinales y algarrobos negros en menor medida.

d) Asociación: La identificación de un suelo o tipo de roca, puede ser deducida por el tipo de vegetación que sustenta. Ver ejemplo citado en el punto 8.4.1 (deducción).

e) Patrón o Diseño: es el arreglo en una secuencia repetida y/o en un orden característico. Un ejemplo típico para el área a que se hace referencia en este trabajo son los incendios, con su diseño característico en sentido N-S y S-N, donde se pueden apreciar los lugares donde estos se iniciaron, son muy claras las formas elípticas de este tipo de fenómeno.

f) Tono: es de una gran importancia y básico en la identificación. Esto se describirá en detalle más adelante en las imágenes Landsat TM.

g) Sombras: en el caso de las imágenes satelitarias es útil en zonas de relieve disectado, donde ayuda en la percepción de las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

h) Textura: es la frecuencia de cambio y disposición de los tonos dentro de una imagen, siempre relacionada con la escala de la imagen analizada, a medida que la escala disminuye las texturas se suavizan. Puede considerarse como la sumatoria de:

$$\text{Textura} = \text{forma} + \text{patrón} + \text{tono} + \text{sombras}$$

pueden agruparse en: suaves, finas, medias, gruesas y moteadas.

Finalmente, es destacable comentar que uno de los principales inconvenientes para el usuario de datos satelitarios en el campo, consiste en adecuar la percepción de la realidad del terreno con la escala de las imágenes utilizadas, fundamentalmente en la relación entre las distancias y tamaños en terreno e imagen.

8.4.3-Niveles de Referencia

Para la definición de tipos de coberturas de la tierra, entendiéndose que aquí se incluyen la vegetación, aguas y suelos desnudos, en general debe tenerse una complementación con datos de campo. Un papel de gran importancia se le asigna al Nivel de Referencia (NR) pudiendo estos ser Específico (NRE) y Local (NRL) de quien usa datos provenientes de la percepción remota.

El usuario debe tener un conocimiento acabado sobre las características de los datos que usa, sus ventajas y desventajas y limitaciones tanto como el tema que requiere estudiar, este constituye el NRE (sea forestal, agricultura, geología, etc.). Es también deseable que el ambiente donde se hará el estudio sea conocido por el usuario de imágenes, el NRL.

Este NRL pueden ser mayor o menor, así que el cumplimiento de los objetivos de un levantamiento se realizará con mayor o menor dificultad en función del NRE y NRL.

9-CARACTERIZACION DE COBERTURAS Y MAPEO

9.1- Metodología de Interpretación

De un modo general las fases a cumplir para un levantamiento de bosques nativos o implantados, y otras coberturas y/o usos de la tierra, son las siguientes:

- 1) Definición de objetivos
- 2) Selección del área de estudio
- 3) Búsqueda de los productos, compra
- 4) Recolección de datos del área, revisión bibliográfica
- 5) Interpretación visual preliminar
- 6) Establecimiento de una leyenda preliminar
- 7) Elaboración de cartografía preliminar
- 8) Verificación de campo (ground check)
- 9) Correcciones de la clasificació/interpretación
- 10) Interpretación visual final
- 11) Leyenda y cartografía final
- 12) Informe final

Se mencionan en los puntos siguientes, algunas de las actividades más importantes dentro de las ya citadas.

9.1.1-Interpretación Visual Preliminar

Para interpretar una imagen, lo primero será disponer de la misma según criterios de selección bien definidos, para ello se considera la época de toma, bandas a utilizar según criterios básicos de comportamiento espectral (curvas de reflectancia) y escala de trabajo.

La época es muy importante y la variación estacional está directamente relacionada al comportamiento fenológico de la vegetación, lo que puede influir de grandemente en el comportamiento espectral (Draeger et.al., 1971).

En general es en el invierno donde los diferentes tipos de vegetación presentan un mayor contraste debido a los diversos comportamientos fisiológicos, se recomiendan por ello de manera general imágenes del período seco, pues permitirían identificar mejor los tipos de vegetación. Para Aoki y Santos (1980), las imágenes de períodos húmedos, momento de mayor desarrollo vegetativo, pueden utilizarse en apoyo de la interpretación.

Una vez observados estos tres aspectos de selección, se puede efectuar la interpretación, la que deberá basarse en aspectos espectrales, temporales y/o espaciales. Los elementos pictórico-morfológicos (tono, color, textura, diseño) definen los aspectos espectrales. La fecha en que la imagen fué registrada determina las características espectrales de la vegetación, esto define el aspecto temporal. La distribución de las formas de los elementos de estudio, determinan los aspectos espaciales.

Sobre la imagen a interpretar, se utiliza generalmente una película transparente (film polyester) enmarcado por los ejes de coordenadas. Según el material utilizado se tendrá una base de delineación estable; luego se debe demarcar la infraestructura en general, como ser las rutas, ciudades y pueblos, parajes, para lograr localizarlos luego de manera adecuada.

La delineación de la red hidrográfica, permite mostrar la influencia de factores tales como tipo de suelos, relieve, salinidad, en la distribución de la vegetación local. Para la región de referencia del presente trabajo, es interesante el caso de los vinalares (*Prosopis ruscifolia*) presentes en zonas aledañas a ríos y en las áreas de inundación de estos, también en sitios salinizados por deficiencias de drenaje.

Con el establecimiento de estas informaciones se forma la base cartográfica para montar el mapa final. Para caracterizar la cobertura vegetal se utiliza el mismo film polyester cuando la delineación base (hidrografía, infraestructura) y las posibles unidades de mapeo no conformarán una red intrincada; en caso contrario se utiliza un segundo film en el cual se realiza la interpretación preliminar.

El principal aspecto es la tonalidad, se busca identificar y demarcar el mayor número posible de unidades homogéneas en función del tono. La textura fotográfica es de gran ayuda en la interpretación, en bosques de menor densidad de árboles, la textura es más gruesa. En situaciones de mayor densidad, con dosel de copas más continuo, la textura tiende a ser más fina. Cuando las variaciones tonales son menores, hay una relación con las texturas finas (bosque de mayor densidad); en casos de mayor variación tonal se relacionan con texturas gruesas.

Una vez definidas las unidades homogéneas, se elabora una leyenda preliminar, considerando lo ya definido como Nivel de Referencia Local-NRL y Nivel de Referencia Específico-NRE, además de las referencias bibliográficas existentes.

Luego de realizadas estas tareas, según los criterios descriptos, estará definido el mapa preliminar.

9.1.2-Verificación de Campo

La relación entre tonos-texturas de la imagen y el aspecto de la vegetación, determinan que esta etapa deba realizarse preferentemente en época similar a la que fue tomada la escena.

En la etapa terrestre, pueden combinarse recorridos terrestres con aéreos, según el tamaño del área de estudio y disponibilidades, cubriendo el mayor número de posibles clases de coberturas vegetales. Aquí, se establece la asociación entre una determinada cobertura identificable en la imagen con su correspondiente en el terreno. Generalmente las descripciones comprenden estimaciones de cobertura-presencia de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, el tipo de relieve, suelo, porcentaje de cobertura del suelo, etc. Para la etapa de inventario se acostumbra describir las especies, edades (en bosques implantados), densidad, DAP, ocurrencia o no de fallas, regeneración, vegetación secundaria-indicadoras, etc.

9.2- Utilización de Imágenes Satelitarias Georreferenciadas en la Localización de Unidades de Muestreo

Al estar cada punto de una imagen (pixel) asociado a valores de coordenadas planimétricas, es posible a través de un programa que registre tales coordenadas y pueda operar con ellas, definir distancias, calcular perímetros y superficies.

En el inventario forestal de los Departamentos Copo y Alberdi, en Santiago del Estero, se localizaron los puntos sobre los que se ubican los bloques de parcelas de esta manera. Allí se realizan luego las mediciones de campo.

Al estar ubicados los bloques de parcelas sobre los puntos de cruce de una grilla de 10 x 10 Km. (extraídos de las cartas del IGM) se visualizan las coordenadas de cada pixel, ubicados por el cursor sobre una imagen desplegada en pantalla, así se define la localización de los bloques de inventario.

Esta posibilidad de obtener coordenadas a partir de la imagen georeferenciada, permite además medir distancias y con ello planear el acceso a cada unidad de muestreo; según distancias a los campamentos y a elementos de referencia en el terreno, tales como picadas de prospección petrolera (comunes en el área de estudio), linderos visibles de propiedades, canales, paleocauces y otros límites notables.

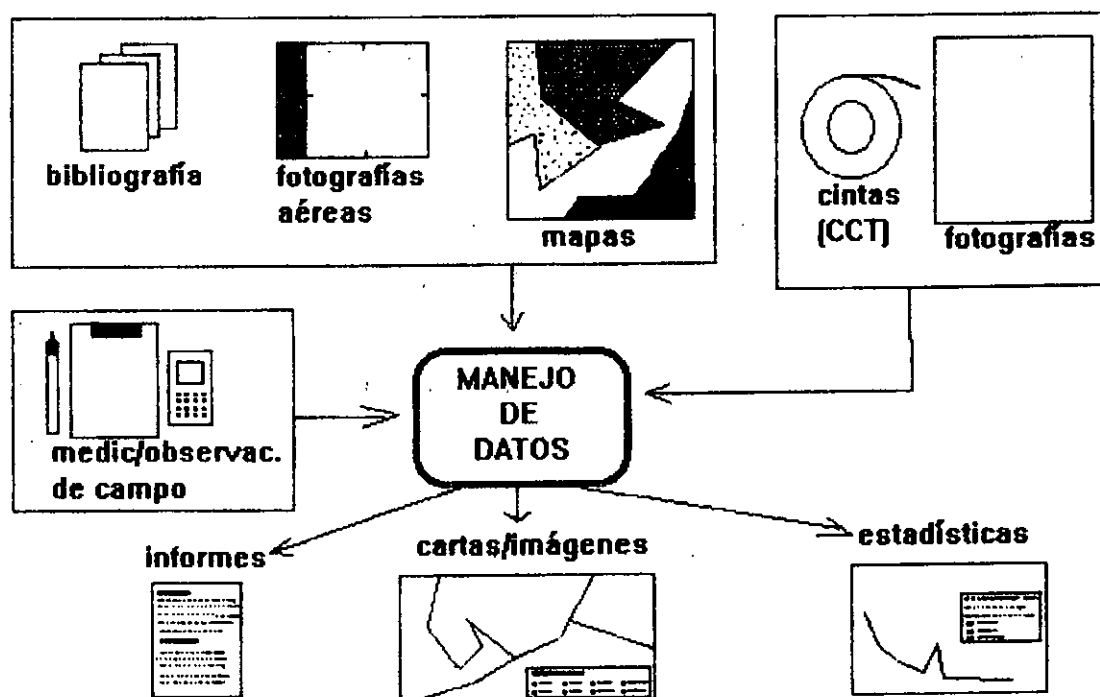


Figura 11- Proceso de utilización de datos satelitarios y otras fuentes conexas.

10- ANALISIS CUANTITATIVO DE IMAGENES SATELITARIAS

En la década del 70, el lanzamiento de la serie Landsat y el desarrollo tecnológico en el área de los computadores, permiten difundir la utilización de imágenes en percepción remota. El análisis automático de imágenes, también llamado interpretación automática consiste en la utilización de sistemas electrónicos que auxilian al elemento humano, en la interpretación de informaciones contenidas en las imágenes. El proceso de análisis numérico de datos obtenidos por percepción remota es un proceso que envuelve el uso de computadores u otros instrumentos con la finalidad de producir mapas, gráficos, tablas estadísticas o cualquier otro tipo de información numérica de una escena dada (Carneiro, 1980).

Este proceso es dinámico ya que requiere de una gran interacción entre el analista y el computador. Actualmente, el acceso a computadores y a sistemas de bajo costo es más sencillo que hace unos pocos años atrás.

Las fuentes de datos digitales son variadas y van desde datos obtenidos por satélites meteorológicos, barredores multiespectrales montados en aviones y hasta datos generados por microdensitómetros de barrido y cámaras de video de alta resolución. Todas esas formas de datos pueden ser procesadas y analizadas usando técnicas de procesamiento digital de imágenes (Lillesand y Kiefer, 1987).

Los mismos autores citados precedentemente, sostienen que la idea central del procesamiento digital puede decirse es bastante simple. Los programas utilizados tratan individualmente cada valor digital relativo a los elementos pictóricos (pixels) que componen cada imagen en estudio. Esos valores sirven como entrada en ecuaciones matemáticas que después de su procesamiento, pueden o no generar un nuevo valor que irá a substituir el anterior, en consecuencia irá al final de la operación a generar una nueva imagen digital, la que podrá ser visualizada en un monitor, grabada en un soporte magnético, impresa o fotografiada para otros usos.

Según los mismos autores citados en el párrafo precedente, todas esas operaciones pueden ser categorizadas en uno o más de los cuatro principales grupos de procedimientos descriptos en los temas siguientes.

10.1- Restauración y Rectificación de Imágen

Estas operaciones ayudan a corregir distorsiones o la degradación de los datos de una imagen para crear una representación más fiel a la escena original. Comprende el procesamiento inicial de datos brutos para corregir distorsiones geométricas (ver 10.1) calibrarlos radiométricamente, así la naturaleza de cualquier proceso de restauración de una imagen depende grandemente de las características del sensor utilizado.

10.2- Realce

Estos procedimientos son aplicados a datos de imágenes con el fin de hacer más efectiva su interpretación visual. Normalmente requiere de técnicas para incrementar la diferenciación visual entre distintos tipos de coberturas o cuerpos en una escena. El objetivo es crear una nueva imagen a partir de la imagen original, para incrementar la cantidad de información que puede ser interpretada visualmente. Las imágenes realzadas pueden desplegarse en un monitor color o imprimirse en blanco y negro o en colores.

10.3- Clasificación de Imágenes

El objetivo de estas operaciones es reemplazar el análisis visual de una imagen por técnicas cuantitativas de identificación de automática. Comprende normalmente el análisis de datos de imágenes multiéspectrales y la aplicación de estadísticas basadas en reglas de decisión para determinar la identidad de coberturas de la tierra.

10.4- Combinación de datos

Estos procedimientos se usan para combinar datos de imagen para un área geográfica determinada, con otros conjuntos de datos de la misma área. Estos otros datos pueden ser provenientes del mismo tipo de sensor y de la misma área pero de época diferente, lo que permite comparaciones temporales (monitoreo), pudiendo ser también de otros tipos de sensores. Frecuentemente tales combinaciones utilizan datos provenientes de la percepción remota y de otras fuentes, en el contexto de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

10.5- Imágenes Rectificadas y Georeferenciadas

La rectificación de una imagen satelitaria es el proceso de proyectar a tal imagen sobre un sistema de proyección cartográfico determinado. En muchos casos, la imagen puede ser orientada (en un monitor) de tal manera que la dirección norte coincida con la parte

superior de la imagen resultante. En el proceso de rectificación, la grilla original (matriz de imagen) puede ser proyectada sobre una nueva grilla. En este proceso se modifican los valores de posición y también los valores de brillo para cada pixel, de este modo se realiza la extrapolación que determina los nuevos valores para cada pixel a partir de sus valores brutos iniciales.

La georeferenciación de una imagen es el proceso de asignar coordenadas de mapa a una imagen, de tal manera que cada pixel originado de este proceso asume un valor de coordenada de mapa. Una imagen puede no necesitar ser rectificada, pudiendo esta ya estar proyectada sobre un plano deseado. La rectificación, por definición, implica una georeferenciación, visto que todos los sistemas de proyección de mapas están asociados con coordenadas.

11- DESCRIPCION DE UN SISTEMA DE ANALISIS DE DATOS SATELITARIOS

Los datos satelitarios en formato digital pueden ser manipulados a través de computadores, además se precisan una serie de periféricos que ayudan a completar el ciclo de utilización desde su lectura inicial hasta la elaboración del producto final (cartas/imagen, estadísticas). En estos sistemas se distinguen diferentes periféricos que sirven para ingresar y extraer (input-output) datos del sistema.

Se describe brevemente a continuación, el equipamiento de un sistema (*) basado en un computador del tipo PC:

- a) CPU 486-DX2, 50 Mhz, coprocesador matemático, 16 Mb RAM, 2 discos rígidos (650 Mb + 350 Mb), disqueteras 3 1/2" y 5 1/4" 1.2 Mb, unidad de cinta de backup de 250 Mb
- b) teclado
- c) monitor Súper VGA
- d) unidad de cinta, para la lectura las cintas con datos satelitarios (CCT), también para la grabación de los datos ya procesados (actualmente EOSAT comercializa cartuchos de cinta de 8mm)
- e) tablero digitalizador, para la conversión de mapas topográficos o temáticos en nuevas cartas digitales; también para introducir puntos de control terrestre en el proceso de rectificación de imágenes

- f) monitor color de alta resolución, para visualizar los datos satelitarios, datos clasificados y/o mejorados, cartas digitalizadas, histogramas de imagen (estadísticas)
- g) impresora, de matriz de puntos u otras, para la salida de estadísticas de imagen y/o datos clasificados
- h) impresora de chorro de tinta, para la salida de datos de imagen y/o datos clasificados, polígonos y leyendas digitalizados. (eventualmente pueden ser impresoras térmicas, laser, escritor de películas, para el sistema descripto)

* basado en el Laboratorio de Percepción Remota de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

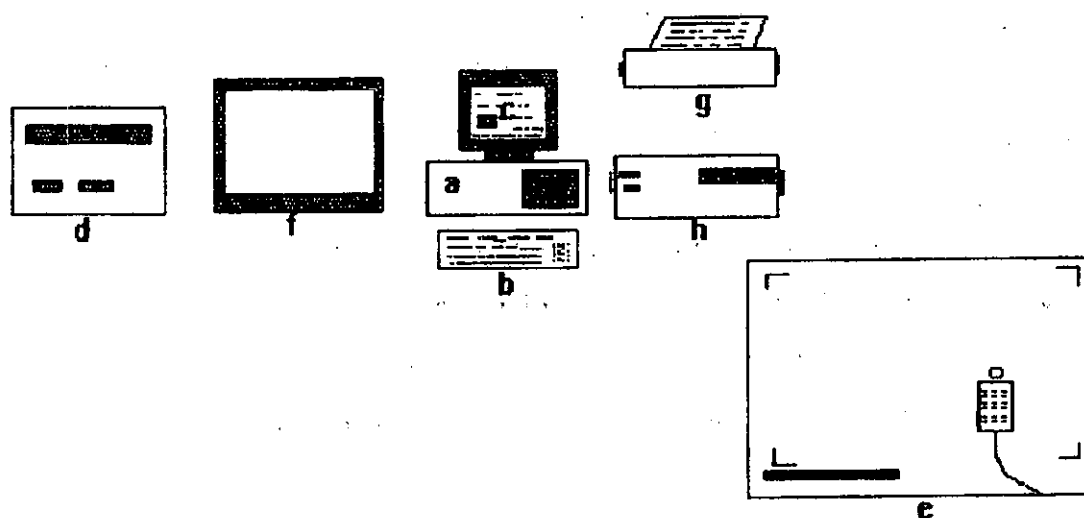


Figura 12- Sistema de análisis de datos digitales provenientes de sensores satelitarios, con capacidad de producción cartográfica

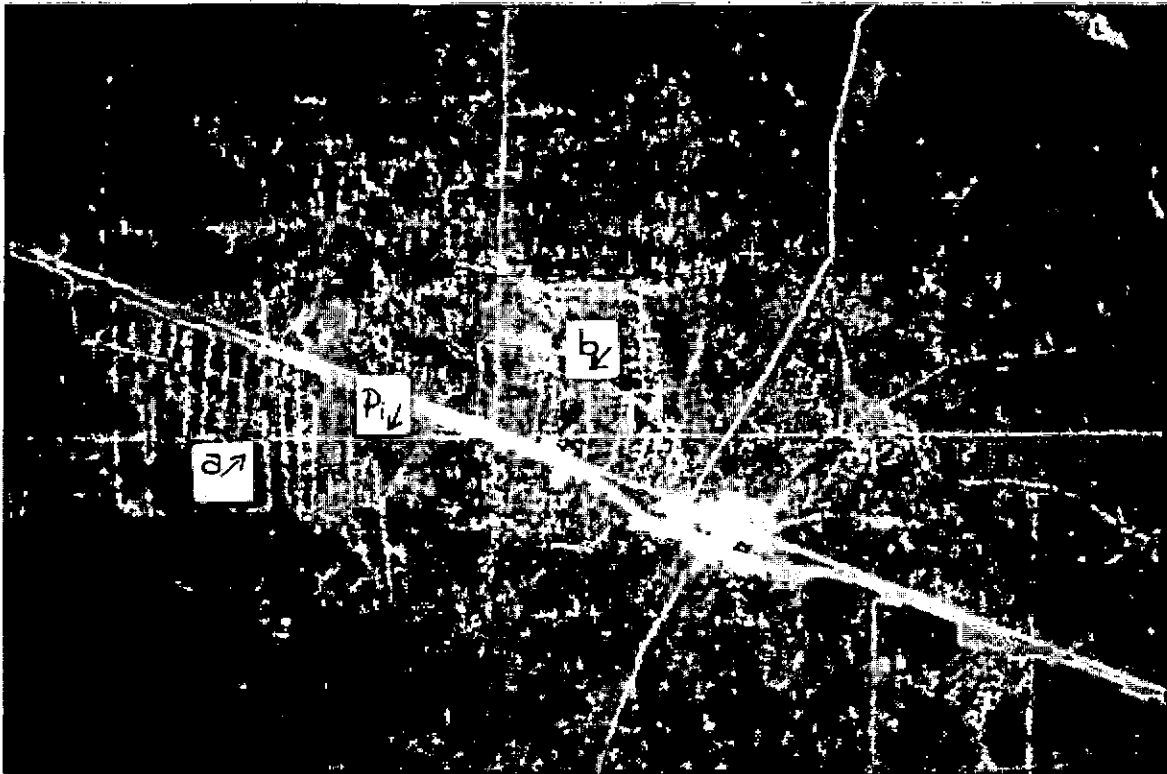
11- Descripción de Imágenes TM Landsat. Región del Proyecto Inventario Forestal

A continuación se describirán un conjunto de imágenes del sensor TM, mapeador temático, en falso color compuesto de las bandas 5,4,3 (R,G,B). Tales escenas corresponden a diferentes sectores del área de estudio del proyecto de Inventario Forestal, donde se caracterizan algunos procesos de degradación de la cobertura forestal nativa, típicos de la región.

Ejemplos:

- a) Casos típicos de degradación del bosque por extracción excesiva se dan en **a**, donde se observan claramente la orientación paralela de las calles de aprovechamiento, lo que queda es un bosque ralo, mayormente de especies secundarias, sub-arbóreas y arbustivas; igual situación sucede en **b**. Las picadas de prospección petrolera **Pi**, de orientación Este-Oeste, con un ancho aproximado de 6-8 metros, se registran debido a la diferencia de reflectancia existente con el entorno. En el centro de la imagen, el pueblo de Los Tigres, a la vera de la ruta nacional No. 16. El bosque, en diferentes tonos de verdes, según especies dominantes y densidad (en colores en el original).
- b) Se observa un diseño de formaciones en mosaico, esto se debe a los sucesivos incendios que van dejando sectores de bosque entre formaciones arbustivas y de pastos. Las quemadas posteriores, sucesivas, no permiten la recuperación del bosque original, formando este tipo de mosaico de coberturas vegetales. En **Pa**, se observa un paleocauce típico de la zona, con una cobertura vegetal de pastos.
- c) El inicio de los incendios es identificado en **In**, en el inicio de la forma elíptica típica del diseño de los mismos; en este caso con dirección Noreste-Sureste. En **Pa**, se distingue nuevamente un paleocauce, también cubierto de pastos.

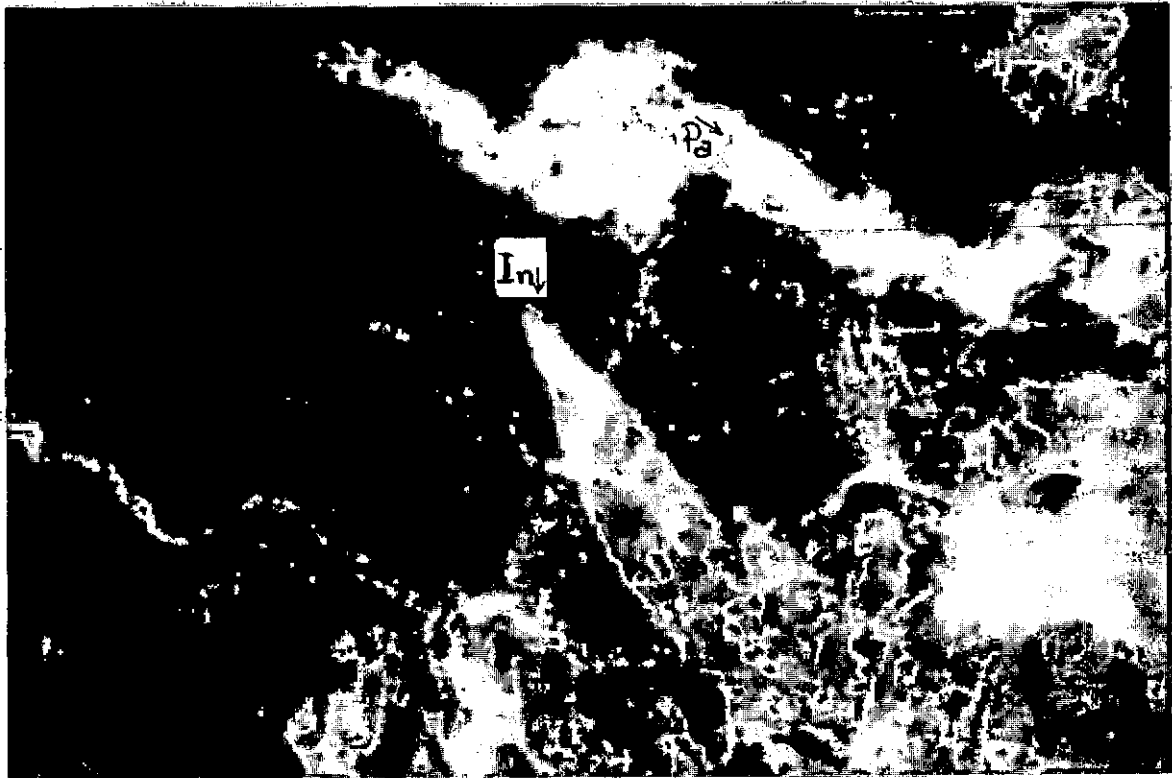
Ejemplo a-



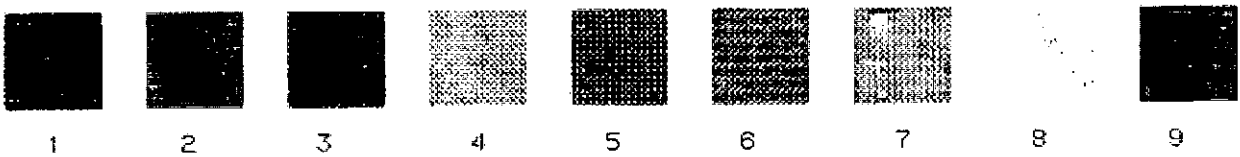
Ejemplo b-



Ejemplo c-



Estadísticas de una clasificación, el resultado muestra: número, nombre, número de puntos (pixels), porcentaje y código de color, para cada una de las clases determinadas.



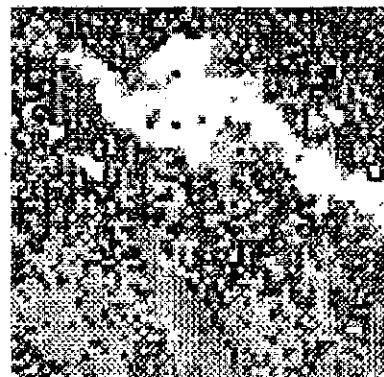
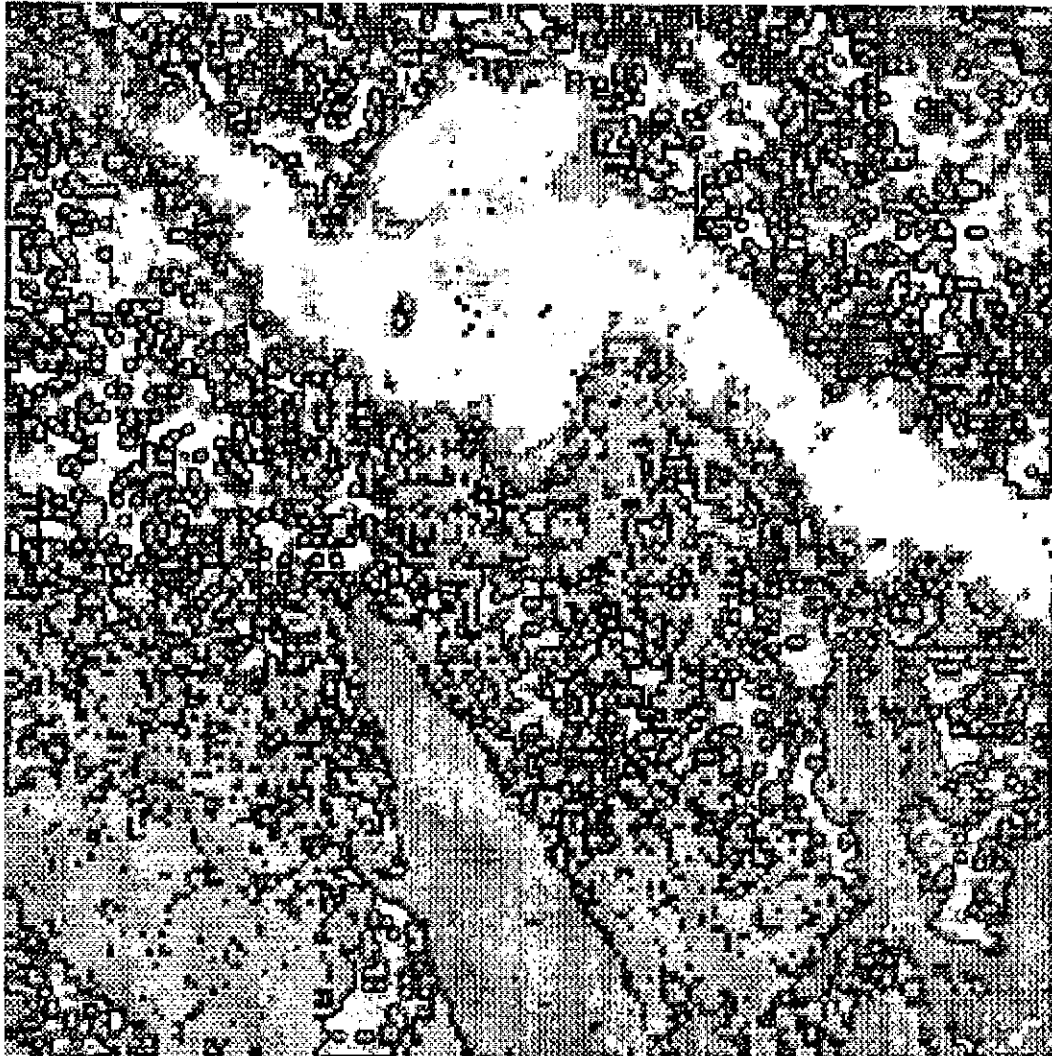
The variable name is : CLASIFICACION MULTIESPECTRAL

VALUE	CLASS NAME	NO. OF POINTS	%
1	BOSQUE 1	1060693.	3.74
2	BOSQUE 2	3679087.	12.99
3	BOSQUE 3	2227519.	7.86
4	BOSQUE 4	2080569.	7.35
5	BOSQUE 5	6507011.	22.97
6	ARBUSTAL	8386085.	29.61
7	PASTIZAL-ARBUSTAL (AR-PA/PA-AR)	1756650.	6.20
8	PASTIZAL	1383488.	4.88
9	SUELO DESNUDO	1132455.	4.00

TOTALS:

28324276.

Salida gráfica de una clasificación multispectral (datos TM), comprendiendo un sector del ejemplo c, producto obtenido a través de una impresora de chorro de tinta (ink-jet), se muestran dos escalas del mismo sector, en 1:100.000 y 1:35.000.



BIBLIOGRAFIA

- Aoki, H. y Santos, J.R. (1978). *Monitoramento do Parque Nacional de Brasilia Através de Dados Orbitais*. I Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1, Sao Jose dos Campos.
- Ardila T.M. y Montoya, J.A. (1985). *Landsat, Notas Preliminares, Manual de Sensores Remotos (circulación restringida)*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá, Colombia.
- Benítez, C.G. de (1991). *Seminario de Muestreo Forestal, Notas de Clase*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, inédito.
- Beaubien, F. (1986). *Visual Interpretation of Vegetation Through Digitally Enhanced Landsat MSS Images*. Remote Sensing Reviews, Vol 2, p. 11-143, Hardwood Academic Publishers GmbH.
- Carneiro, C.M. (1980) *Curso Básico de Sensoriamento Remoto*. PNUD/FAO/IBDF/BRA/78/003, Série Técnica No.6, Brasilia, Brasil.
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones Rialp A.A., Madrid.
- De Medeiros, J.S. (1987). *Desenvolvimento Metodológico Para la Detección de Alteracoes de la Cobertura Vegetal Atraves Del Análisis Digital de Dados MSS LANDSAT*. Instituto de Pesquisas Espaciais, INPE 4123-TDL/262, Programa Floresta, Tese de Mestrado.
- De Oliveira Almeida, S.A. (1988). *Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazonia Brasileira, Resenha Geral*. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF, Brasilia DF, Brasil.
- Draeger, W.C.; Pettingen, L.R.; Benson, A.S. (1971) *The Use of small aerial photography in a regional agricultural survey*. International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, MI. Proceedings, Ann Arbor, MI, University of Michigan, v2.
- EOSAT. (1990). *Thematic Mapper Band Combination Poster*. EOSAT.
- Erdas. (1991) *Field Guide, Second Edition, Version 7.5*. Erdas Inc.
- Evans, D.L. (1992). *Mapping Mexico's Forest Lands with Advanced Very High Resolution Radiometer*. Research Paper SO-367. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- FAO. (1991). *Forestal*. Departamento de Montes, Resumen de Proyecto No. 7.

- FAO.(1977) *Reconocimiento Forestal en la Región Noroeste (Argentina)*. FO:DP/ARG/536. Informe Técnico 1. Roma.
- Hernandez Filho, P., Shimabukuro, Y.E.(1978). *Estabelecimento de Metodologia para Avaliacao de Povoamentos Florestais Artificiais Utilizando-se Dados do Landsat*. Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao José dos Campos, INPE 1271-TPT/089.
- Hildebrandt, G.(1980). *Survey of Remote Sensing Techniques in Forestry, Remote Sensing Application in Agriculture and Hydrology*. Editor Georges Fraysse, Ispra Establishment, Ispra, Italy.
- Hoffer, R.M. y Fleming, M.D.(1978). *Mapping Vegetative Cover by Computer-Aided Analysis of Satellite Data*. West Lafayette, Indiana, Purdue University, Laboratory for Applications of Remote Sensing.
- Jaakkola, S.(1986). *Use of the LANDSAT MSS for Forest Inventory and Regional Management: the European Experience*. Remote Sensing Reviews, Vol.2, p. 165-213, Hardwood Academic Publishers GmbH.
- Jensen . R.J.(1986). *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*, Prentice-Hall.
- Lee, D.C.; Hernandez Filho, P.; Shimabukuro, Y.E.(1979). *Avaliacao de Areas Reflorestadas do Municipio de Buri, Através de Analise Automático dos Dados do LANDSAT*. Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao José dos Campos, INPE 1635-RPE/094.
- Lillesand, T.M. y Kiefer, R.W. (1987). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Second edition, John Wiley & Sons.
- Molina M, C.(1982). *Introducción a la Fotointerpretación Forestal, Notas de Clase*. Centro Interamericano de Fotointerpretación, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Bogotá, Colombia.
- Montoya Pérez, J.A.(1986). *Percepción Remota, Clasificación de los Sensores Remotos, Plataformas Utilizadas en Percepción Remota*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Unidad de Sensores Remotos y Sistematización, Bogotá D.E-Colombia.
- Pinto, J.H.D et. al.(1978). *Levantamento Integrado dos Recursos Naturais da Area do Parque Nacional da Amazonia (Tapajós), Baseado nas Imagens MSS do LANDSAT*. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, Sao José dos Campos, INPE 1577-RPE/074.

- Reeves, R.(1983). *Manual of Remote Sensing*. Falls Church, VA, American Society of Photogrammetry, v1.
- Sabins, F.F.(1977). *Remote Sensing Principles and Interpretation*. San Francisco, California, W.H. Freeman and Company.
- Santos, J.R.; Hernández Filho, P.; Shimabukuro, Y.E.(1976). *Utilizacao de Imagens do LANDSAT e Fotografias do SKYLAB, Para o Levantamento de Vegetacao, Relevo e Caracterizacao de Areas de Maior Potencial Agrícola no Sul do Espiritu Santo*. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, Sao José dos Campos, INPE 957-NTE/071.
- Santos, J.R.(1981). *Metodologia de Interpretacao de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicacoes em Vegetacao*. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, Brasil, INPE-2215-MD/010.
- Seixas Brites,R.(1990). *Discriminacao Espectral de Eucaliptais e Matas Nativas por Meio de Análise Quantitativa de Imagens Orbitais TM/Landsat*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Vicosa, Vicosa-MG-Brasil.
- Steffen, C.A. et. al. (1981).. *Sensoriamento Remoto: Principios Físicos, Sensores Remotos, e Sistema Landsat*. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, Brasil, INPE-226-MD/013.
- Swain, P.H. y Davis, S.M.(1978). *Remote Sensing, The Quantitative Approach*. Advanced Book Program, Mc.Graw-Hill, 1978. ISBN 0- 07-062576-X.
- Tardin, A.T. et. al. (1978).. *Desmatamento na Amazonia Legal Através de Imagens do Satélite LANDSAT*. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, Sao José dos Campos, INPE 1411-NTE-142).
- Thren, M.W.(1993). *Dasometria*. Serie Técnica Forestal, Proyecto Argentino-Alemán UNSE-GTZ, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales.
- Thren, M.W y Zerda, H.R.(1991). *Proyecto Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero, Argentina*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Zohrer, F.(1980). *Forstinventur: Ein Leitfaden fur Studium und Praxis*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Zhu, Z.(1992). *Advanced Very High Resolution Radiometer Data to Update Forest Area Change for Midsouth States*. Research Paper SO-270. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

Tercera Parte

CONVENIO ARGENTINO-ALEMAN: UNSE-GTZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO - UNSE
AGENCIA ALEMANA DE COOPERACION TECNICA- GTZ
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INSTITUTO DE SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES
LABORATORIO DE DENDROLOGIA**

MANUAL DE RECONOCIMIENTO A CAMPO DE LAS ESPECIES ARBOREAS DE LA REGION CHAQUEÑA SECA

**(con referencia al Inventario Forestal de los Departamentos COPO y
ALBERDI, Provincia de Santiago del Estero, Argentina)**

**Ana María Giménez de Bozón
Ingeniero Forestal**

**Graciela Moglia de Lugones
Ingeniero Forestal**

1993

MANUAL DE RECONOCIMIENTO A CAMPO DE ESPECIES LEÑOSAS ARBÓREAS DE LA REGIÓN CHAQUEÑA SECA

ÍNDICE

I-Introducción

II-Terminología

III-Ficha Técnica

- 1-Schinopsis quebracho-colorado (Schelcht.) Barkl.et Meyer.
- 2-Schinopsis haenqueana Engl.
- 3-Schinopsis heterophylla Rag.y Cast.
- 4-Aspidosperma quebracho-blanco Schlect.
- 5-Prosopis alba Griseb.
- 6-Prosopis nigra (Griseb.) Hieron
- 7-Prosopis kuntzei Harms
- 8-Prosopis vinalillo Stuck.
- 9-Prosopis ruscifolia Griseb.
- 10-Acacia aroma Gill ap.H.et A.
- 11-Acacia caven Mol.
- 12-Anadenathera colubrina (Vell.)Brenan var cebil (Griseb)
- 13-Caesalpinia paraguariensis(D. Parodi) Burk.
- 14-Cercidium australe Johnston.
- 15-Geoffroea decorticans (Gill ex Hook) Burk
- 16-Erytryna crista-galli L.
- 17-Celtis tala Sprengel.
- 18-Jodina rhombifolia Hook et. Arn
- 19-Zizyphus mistol Griseb.
- 20-Tabebuia nodosa Griseb.
- 21-Capparis tweediana Eichl.
- 22-Capparis retusa Griseb.
- 23-Capparis speciosa Griseb.
- 24-Chorisia insignis H.B.K.

IV - Clave de Diferenciación de especies

V - Bibliografía

I- INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Manual es constituir de elemento de ayuda que permita la rápida determinación de especies arbóreas de la región chaqueña seca en campaña. La idea de realización del mismo surge como inquietud del equipo de Inventario Forestal de tener un elemento de diagnóstico para evacuar las dudas de determinación de especies que puedan surgir durante las tareas de inventario.

La cátedra Dendrología ha realizado caracterizaciones dendrológicas de las especies incluidas en diferentes trabajos publicados. Los datos que se consignan son en parte de la autoría de las responsables del mismo y otros según la bibliografía citada.

Las descripciones están realizadas tomando como base de diagnóstico caracteres dendrológicos de observación macroscópica y que permita una rápida determinación de las especies a campo. Se acompaña la descripción con fotografías del porte de la especie y de las ramas y hojas. La clave se basa en diferenciación por hojas, por ser el órgano de más fácil visibilidad y diagnóstico, completándose la misma con alguna referencia de exudados, corteza o fruto.

Este manual está organizado de la siguiente manera :

- *Introducción
- *Terminología
- *Ficha Técnica de descripción de especies
- *Fotografías y esquemas de los órganos de los vegetales.
- *Clave dicotómica de diferenciación de especies
- *Bibliografía

Las fichas se organizan de la siguiente manera :

- ***Familia:** nombre científico y nombre vulgar
- ***Porte:** fuste, magnitud del árbol
- ***Sistema de ramificación:** dirección de crecimiento de las ramas. Sucesión de las ramas en el eje madre.
- ***Corteza :** tipo, color, consistencia, aspecto en sección transversal, diferencia corteza viva y muerta, exudados, color.
- ***Hojas:** tipo, borde del limbo.

***Fruto :** tipo, consistencia.

***Madera:** peso, dureza, diferencia albura - durámen, color, peso específico, veteado, anillos.

***Observaciones**

II- TERMINOLOGIA - GLOSARIO

TIPO DE RAMIFICACIÓN LATERAL O AXILAR

Monopódico: tiene un solo pie y de allí nacen ramas laterales de menor orden que el eje principal. Este tiene un crecimiento indefinido.

Simpódico: la yema terminal deja de crecer en un determinado momento y se bifurca en 2 o más ramificaciones que se dividen sucesivamente.

TIPO DE COPA

Cónica: cuando las ramas de abajo son de mayor tamaño y decrecen hacia arriba en forma regular , el árbol tiene una figura triangular con la base hacia abajo.

Ovoidea: las ramas dan a la copa una forma globosa .

Semicircular: Las ramas inferiores se extienden horizontalmente, mientras que las superiores lo hacen en forma circular.

Extendida: las ramas tienen un mayor desarrollo horizontal.

FUSTE

Cilíndrico: la sección de la base y punta del fuste son circulares y de diámetro similar.

Cónico: la sección de la base del fuste es bastante mayor que la del ápice.

Tortuoso: el tronco se desvía de su eje vertical, varias veces.

Fuste con contrafuertes: en la parte de abajo del tronco es mas desarrollado y la sección de la base es irregular. Pueden ser raíces laterales comprimidas .

DIRECCIÓN DE CRECIMIENTO DE LAS RAMAS

Hipotonía: Las ramas crecen hacia abajo. Aspecto péndulo.

Epitonía: Las ramas crecen hacia arriba.

Anfitonía: Las ramas crecen en forma perpendicular al eje.

POSICIÓN DE LAS RAMAS EN EL EJE MADRE

Acrotonía: ramificación con mayor desarrollo en la parte superior del fuste. Tiene el aspecto de un triángulo con la base dispuesta en el ápice.

Mesotonía: las ramas del centro son las que mas se desarrollan. Tiene el aspecto típico de copa.

Basitonía: las ramificaciones son mayores en la parte basal del árbol. Aspecto de un triángulo con la base hacia abajo.

CORTEZA:

Todo tejido producido hacia afuera del cambium vascular. Comprende floema y peridermis.

Lisa: presenta una superficie exterior suave sin protuberancias ni grietas. En general es común observar lenticelas en este tipo de corteza.

Corteza que se desprende en placas: las escamas o placas son gruesas y rígidas, tienen un patrón mas o menos particular, y su distribución en general sistemática, al desprenderse dejan cicatrices conspicuas.

Corteza que se desprende irregularmente : las escamas ó pedazos desprendidos son irregulares, de bordes angulosos, no tienen un patrón de distribución definido, al desprenderse no dejan cicatrices conspicuas.

Fisurada: con fisura o hendiduras mas o menos anchas, longitudinales verticales. Las fisuras tienen una profundidad mas o menos homogénea y sus bordes tienen aspecto de haber cicatrizado.

Agrietada: corteza que presenta grietas o hendiduras delgadas, horizontales y/o verticales. Las grietas tienen una profundidad heterogénea y los bordes de las mismas no tienen aspecto de cicatrización.

FRUTOS

Drupa: fruto carnoso, con endocarpio leñoso, que típicamente encierra una sola semilla.

Baya: fruto carnoso provisto de varias semillas.

Legumbre: fruto seco monocarpelar, dehiscente (por sutura ventral y el nervio medio) generalmente alargado y con las semillas en una sola hilera.

Cápsula: fruto seco y dehiscente que contiene varias semillas, se abre longitudinalmente.

HOJA

Simple: consta de una sola lámina o limbo.

Compuesta: se compone 2 ó mas láminas. Las hojas compuestas pueden ser: a) palmadas.
b) pinadas.

Palmadas: los folíolos se disponen en forma divergente a partir de un punto, como los dedos de una mano abierta.

Pinadas: posee folíolos mas o menos numerosos a ambos lados del raquis.

FILOTAXIS

Alterna: las hojas se disponen de manera que se cruzan en 2 nudos consecutivos.

Opuesta: las hojas se encuentran puestas de dos en cada nudo encontradas una frente a otra.

Verticilada: cuando nacen mas de 2 en un solo nudo.

TIPO DE APICE

Obtuso: cuando el extremo es romo o redondeado.

Emarginado: con escotadura poco profunda.

Agudo: terminado en punta con un ángulo menor de 90 grados.

BORDE DEL LIMBO

Liso: cuando no presenta escotadura alguna.

Aserrado: cuando el borde presenta pequeñas escotaduras que semejan una sierra.

Agradecemos la colaboración de **MIGUEL CHAVEZ** ayudante estudiantil
Cátedra de **DENDROLOGIA**

REFERENCIAS

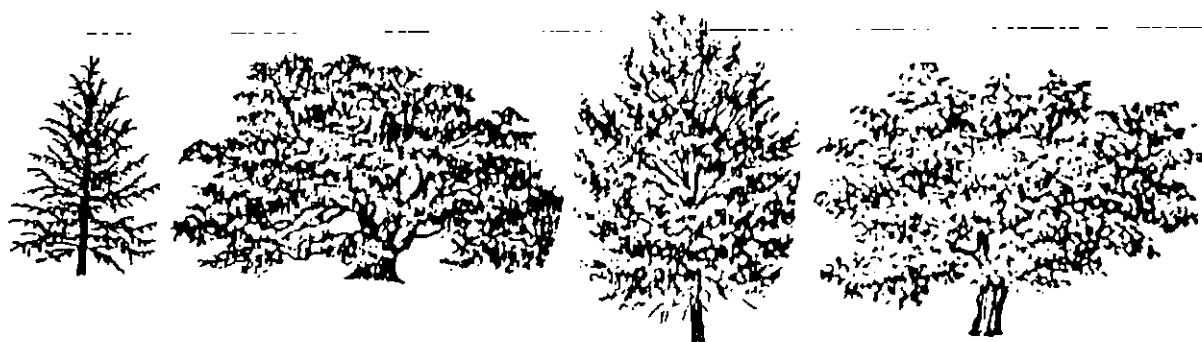
TIPO DE COPA

Cónico

Semicircular

Ovoidea

Extendida



TIPO DE FUSTE

Cilíndrico

Cónico

Tortuoso

Con contrafuertes

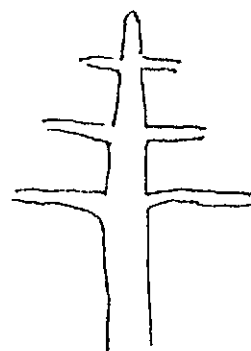
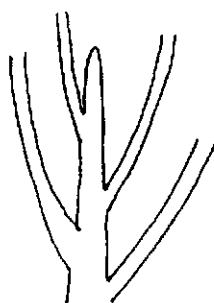
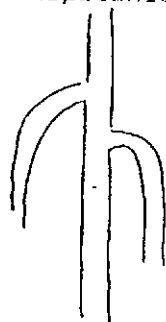


DIRECCION DE CRECIMIENTO DE LAS RAMAS

Hipotonía

Epitonía

Anfitonía.



SUCESION DE LAS RAMAS

Acrotonia



Mesotonia



Basitonia



TIPO DE CORTEZA

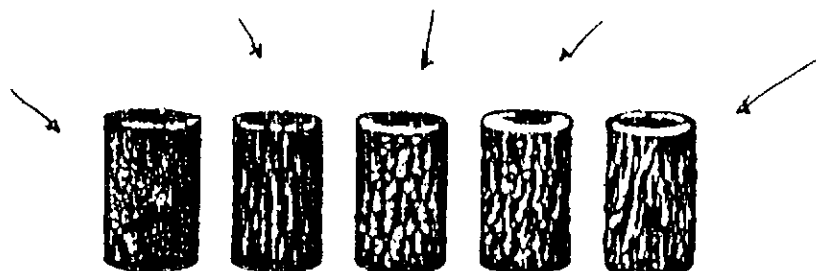
Lisa

Fisurada

En placas

Agrietada

En tiras
Irregular



TIPO DE FRUTOS

Drupa

Baya

Legumbre

Cápsula

Sámara



FILOTAXIS

Alternada

Opuesta

Verticilada



TIPO DE HOJAS

Simple



Compuesta

Pinada Paripinada



Imparipinada



Bipinnada



Palmada

BORDES DE LA HOJA

Entero



Aserrado



Dentado



Lobulado



Ficha Técnica No. 1

Familia: ANACARDIACEAS

Nombre Científico : *Schinopsis quebracho-colorado*. Schelkt. (Bark et Meyer)

Nombre Vulgar : Quebracho colorado santiaguero.

Porte: copa frondosa, en abanico, desarrollada en su parte superior. Porte esbelto.

Fuste : recto y cilíndrico de 3-7 m , se ramifica en pocas ramas principales. Alcanza diámetros de 70 cm

Magnitud : 3 , (hasta 20 mt de altura total)

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : epitonia

Sucesión de las ramas en el eje madre : acrotonia

Corteza :

Tipo: dehiscente en placas exagonales, con patrón de distribución definido.

Color : castaño grisáceo

Consistencia : quebradiza

Aspecto de la corteza en sección transversal : con estratificación de tejido y una red de puntos secretores

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : muy abundantes (taninos corticales), translúcidos a pardos, dispuestos en bandas tangenciales .

Color : pardos

Hojas :

Compuestas, imparipinadas, coriáceas, glabras ó escasamente pubescentes con 15-30 foliolos.

Borde del limbo : entero

Fruto : sámara castaño rojiza cuando está inmadura , pardo cuando madura

Consistencia : subleñosa

Madera : muy dura y pesada

Diferencia albura - duramen : +

Color : albura : blanco amarillento duramen : castaño rojizo

Peso específico : 1,16 kg/dm³

Veteado : suave , enmascarado por el color (taninos) , grano entrelazado , textura fina

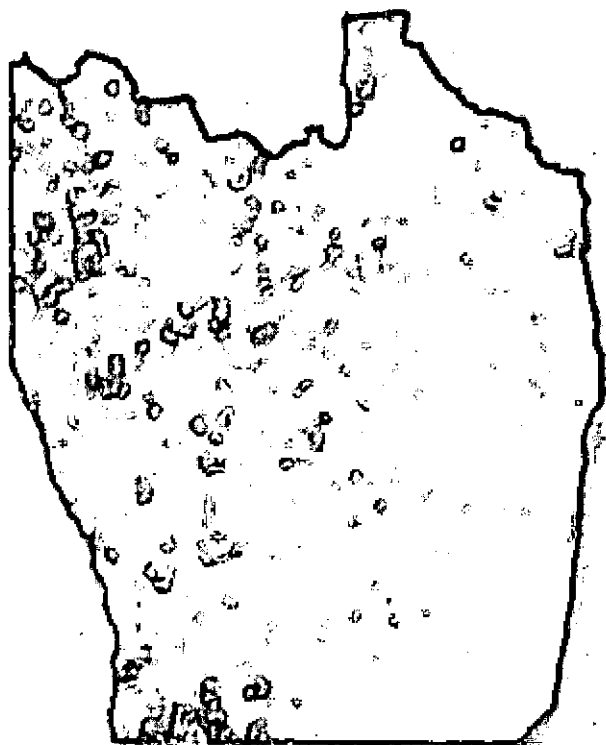
Anillos : poco demarcados , determinados por una banda de fibras .

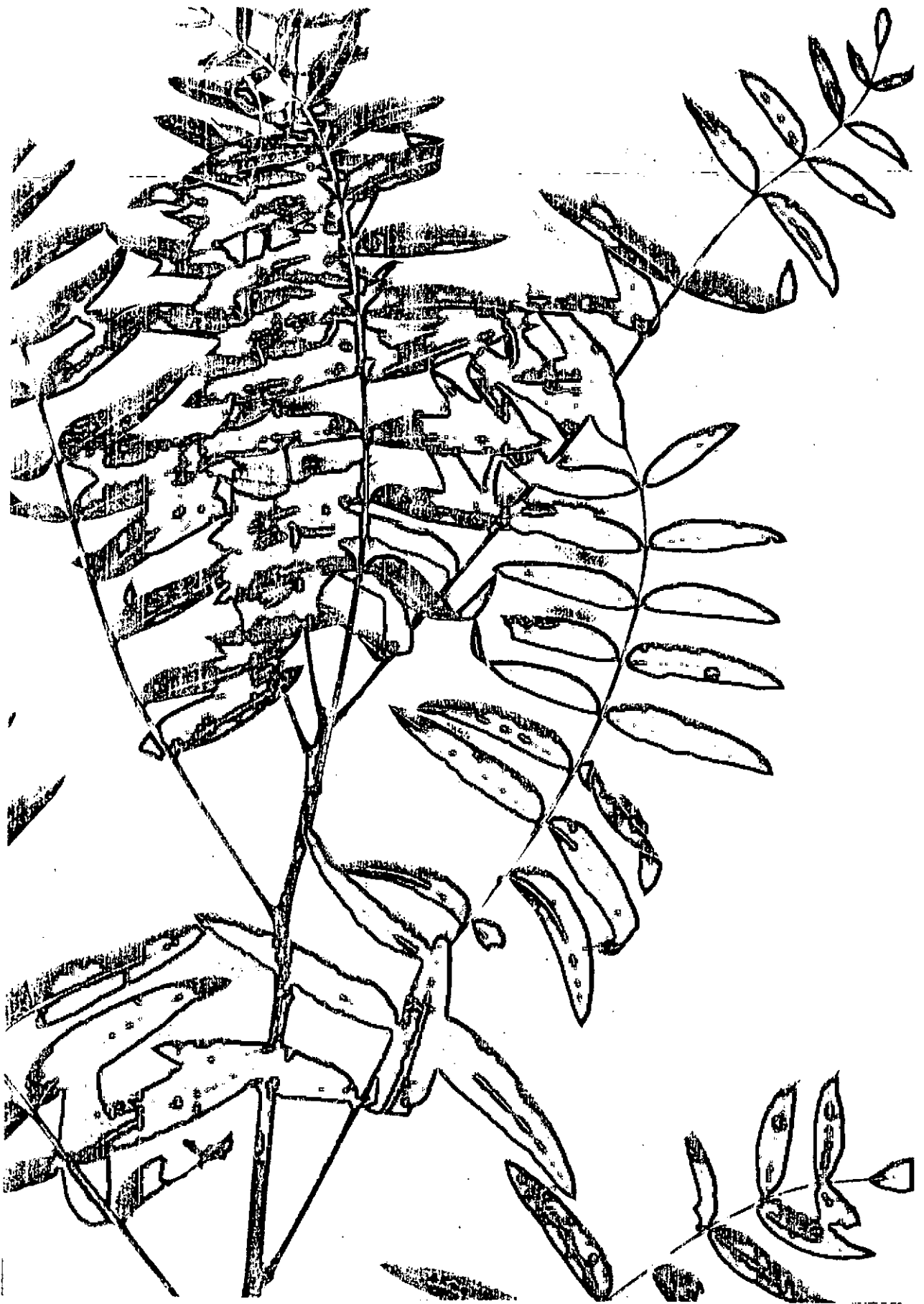
Observaciones : especie dominante de la formación chaqueña seca, forma el estrato superior, siendo la especie que mayor altura alcanza en la asociación. Su fenología es particular ya que presente un período muy breve de pérdida de hojas (agosto-septiembre), en discordancia con el resto de la vegetación .

SCHINOPSIS QUEBRACHO COLORADO - Porte juvenil y adulto - Características de órganos vegetativos.



Schinopsis quebracho colorado



SCHINOPSIS QUEBRACHO-COLORADO -Hojas

Ficha Técnica No. 2

Nombre Científico : *Schinopsis haenkeana* Engl.

Nombre Vulgar : quebracho del cerro, horco quebracho

Porte : en abanico

Magnitud : tercera a cuarta

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : epitona

Sucesión de las ramas en el eje madre : acrotonia

Corteza

Tipo: en placas poligonales

Color : castaño grisáceo

Consistencia : quebradiza

Aspecto de la corteza en sección transversal : se observan puntos oscuros en el floema.

Peridermis escamosas con acumulación de numerosas capas.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : presentes, de consistencia pegajosa.

Color : transparentes ,pardos.

Hojas

Compuestas, imparipinadas con 11-31 foliolos, pubescentes.

Borde del limbo : liso

Filotaxis : alterna

Fruto : sámara leñosa , al madurar castaña.

Consistencia : leñosa.

Madera : dura y pesada

Diferencia albura - duramen : +

Color albura : blanca amarillenta **duramen :** castaño rojizo.

Peso específico : 1,12 kg /dm³.

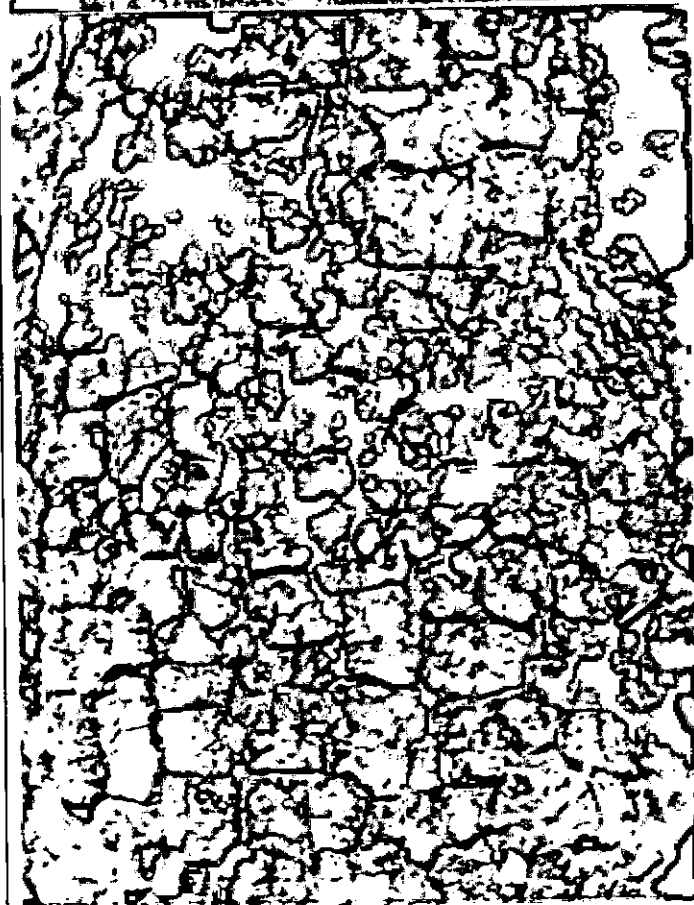
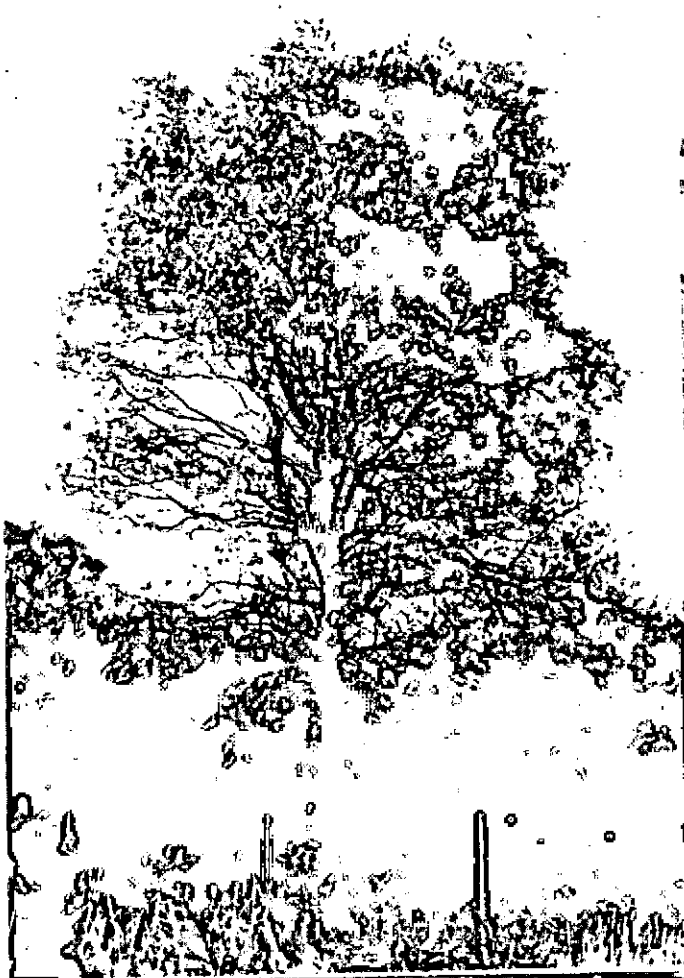
Veteado : suave

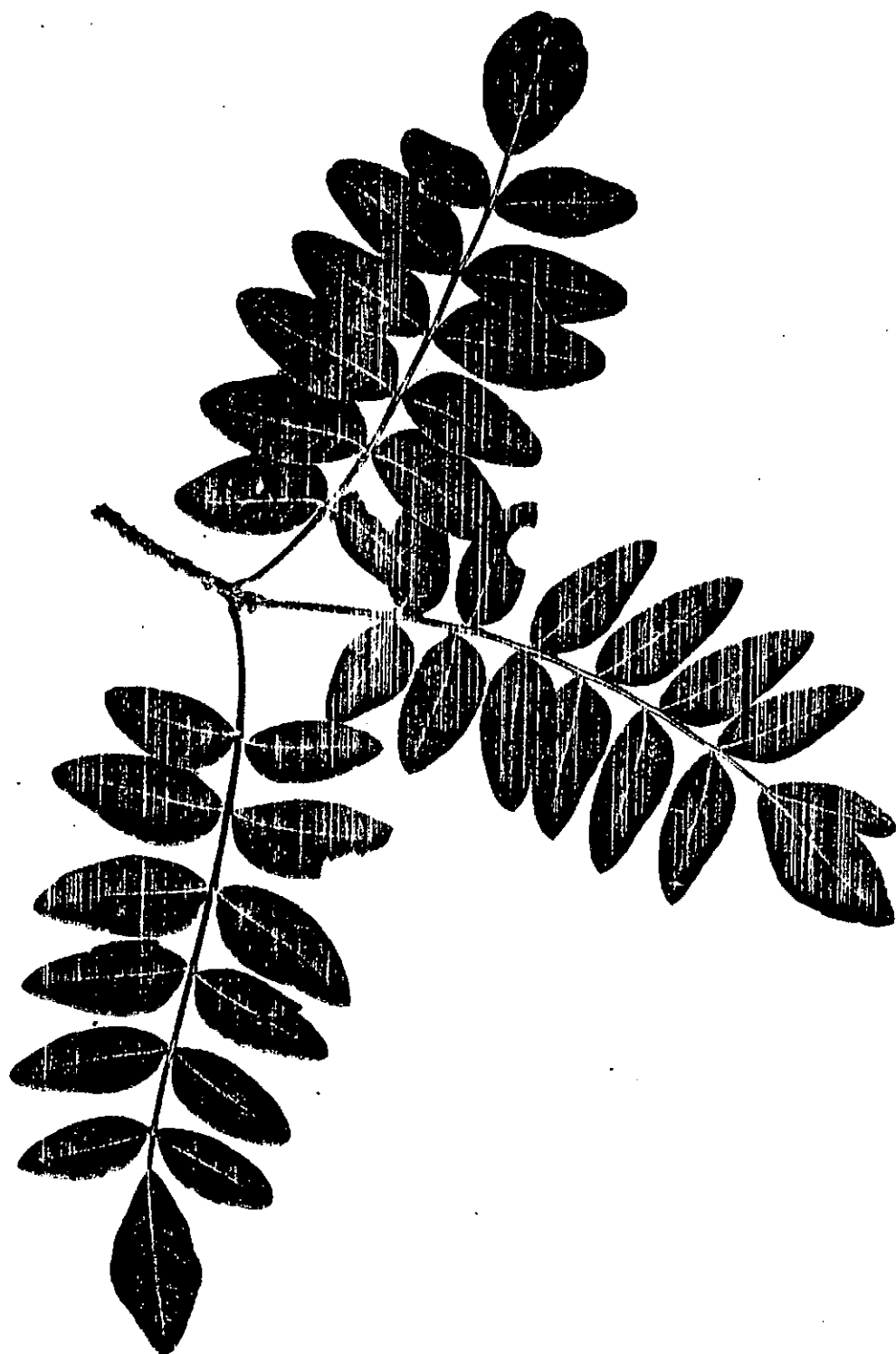
Anillos : poco demarcados. Macroscopicamente se observa una línea oscura.

Observaciones : habita en el Parque Chaqueño Serrano, donde se lo identifica por su fructificación abundante de coloración rojiza.

Esta especie pierde el follaje durante un corto periodo (Agosto- Setiembre) .

SCHINOPSIS ILAENKEANA - Porte y caracteres morfológicos



SCHINOPSIS HAENKEANA-Hojas

Ficha Técnica No. 3

Nombre Científico : *Schinopsis heterophylla* . Rag. y Cast.

Nombre Vulgar : Quebracho mestizo

Porte : en abanico

Magnitud : tercera

Sistema de ramificaciones : simpódica.

Dirección de crecimiento de las ramas : epítoma

Sucesión de las ramas en el eje madre : anfitonia.

Corteza

Tipo: en placas poligonales.

Color : castaño grisáceo.

Consistencia : quebradiza.

Aspecto de la corteza en sección transversal : hay acumulación de varias capas peridérmicas, felógeno escamoso. Se observan puntos oscuros que corresponden a canales secretores de tanino.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : presentes, de consistencia pegajosa. Fluyen en forma lenta y en puntos localizados.

Color : Pardo- transparentes.

Hojas

Simple y compuestas.

Borde del limbo : entero.

Fruto : sámara castaño cuando madura.

Consistencia : leñosa.

Madera : muy dura y pesada.

Diferencia albura - duramen : notoria - Regular.

Color : albura: blanco amarillento- Duramen: castaño rojizo.

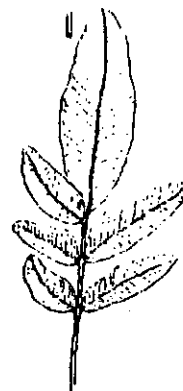
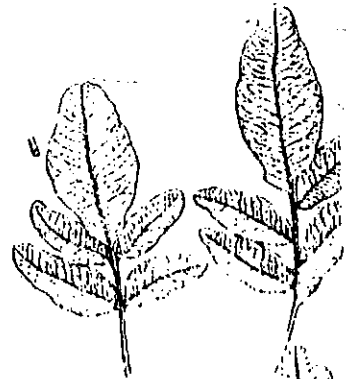
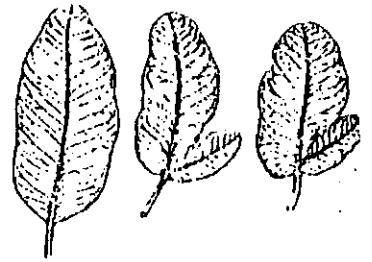
Peso específico : 1,1 Kg/ dm³.

Veteado : suave espigado , enmascarado por el color.

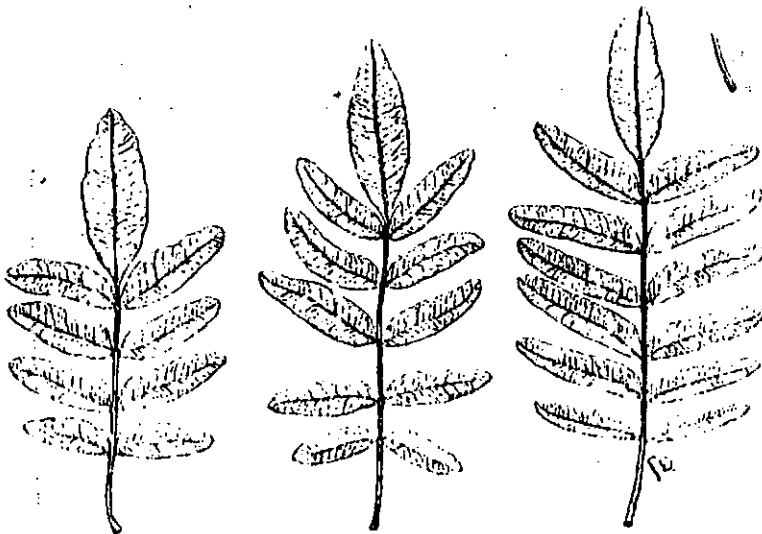
Anillos : medianamente demarcados por una línea mas oscura.

Observaciones : híbrido natural entre *Schinopsis quebracho colorado* , y *Schinopsis balansae* presentando características foliares intermedias entre ambas especies. Habita en la zona de transición del Chaco Seco y Húmedo.

SCHINOPSIS HETEROPHYLLA- Hojas (Copia Ragonese y Castiglioni)



PLACINA IV.—*Schinopsis heterophylla* RAGONESI et CASTIGLIONI. a, Rama florifera ($\times \frac{1}{2}$); b, flor femenina ($\times 8$); c, gineceo y estambines ($\times 8$); d, fruto ($\times 2$).
Dib. Carlos M. Olivera.



Ficha Técnica No. 4

Familia : APOCINACEAS

Nombre Científico : *Aspidosperma quebracho-blanco* .Schelkt

Nombre Vulgar : quebracho blanco.

Porte : la especie presenta dos formas biológicas : Forma erecta cuyo porte es: ovoideo y la forma péndula cuyo porte es: Pendular.

Magnitud : tercera.

Sistema de ramificaciones : simpódico.

Dirección de crecimiento de las ramas : forma erecta:epitona.y la forma péndula :hipótona.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía.

Corteza

Se observan dos tipos de cortezas .Lisa y en placas regulares y con surcos longitudinales marcados. Estos tipos de corteza no coinciden con los tipos biológicos observados.

Color : gris .

Consistencia : corchosa arenosa.

Aspecto de la corteza en sección transversal : muy desarrollada

Diferencia corteza viva - muerta : muy notoria , por color y consistencia.

Exudados : -

Color : -

Hojas

Simple dispuestas en verticilos trímeros , coriáceas , lámina elíptico lanceolada,apice mucronado.

Borde del limbo : liso

Fruto : cápsula leñosa ,verde grisácea , dehiscente ,bivalva.

Consistencia : leñosa.

Madera : dura y pesada

Diferencia albura - duramen : -

Color : Blanco-amarillento a amarillo ocre

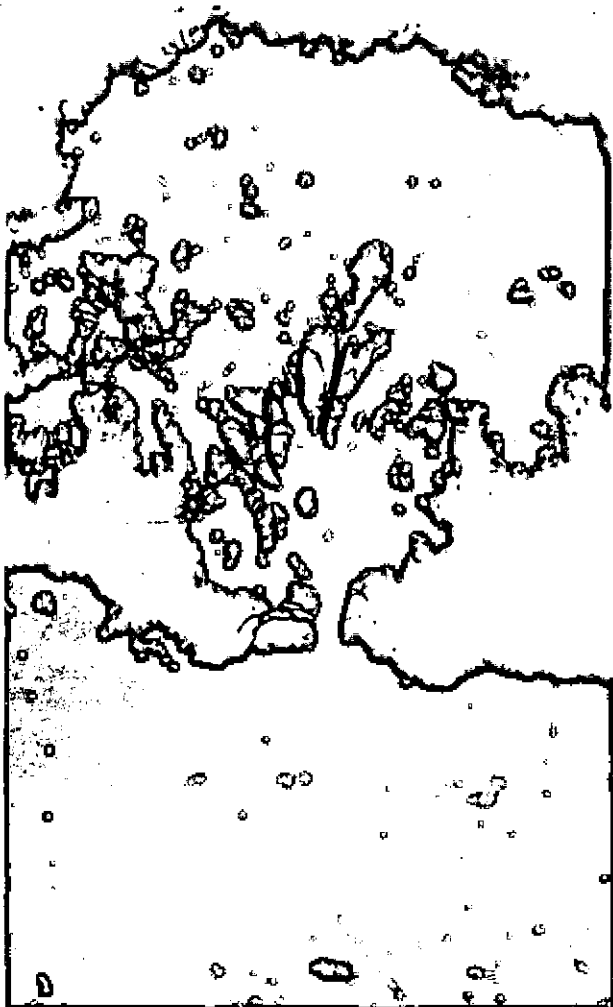
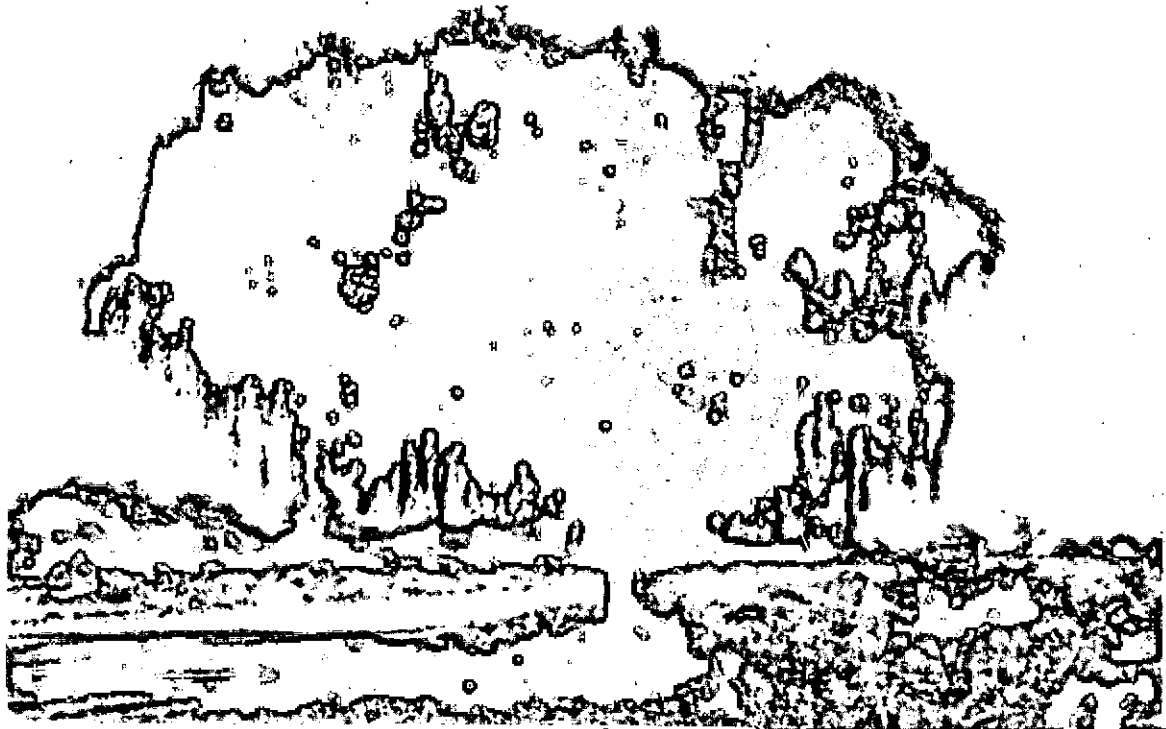
Peso específico : 0,85 kg/dm³

Veteado : suave .

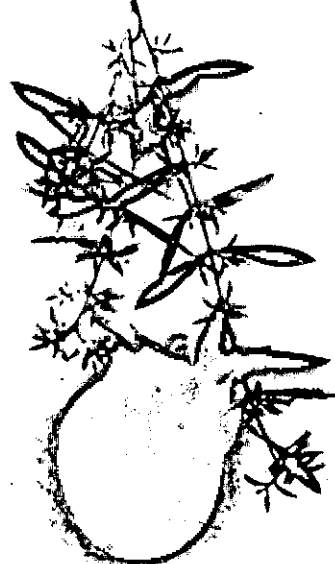
Anillos : medianamente demarcados ,por una línea oscura.

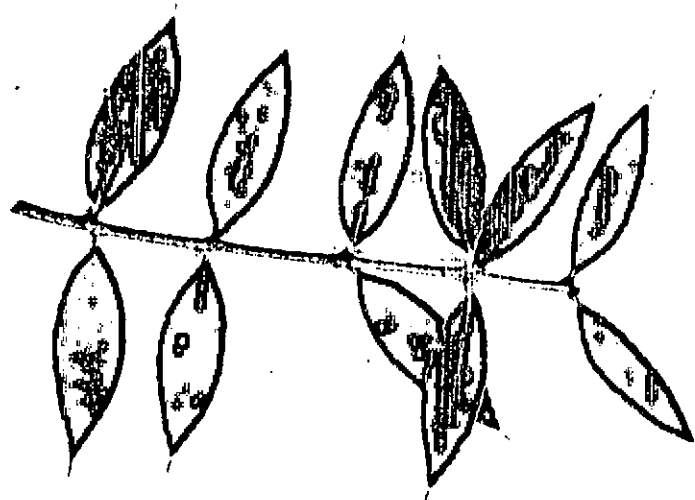
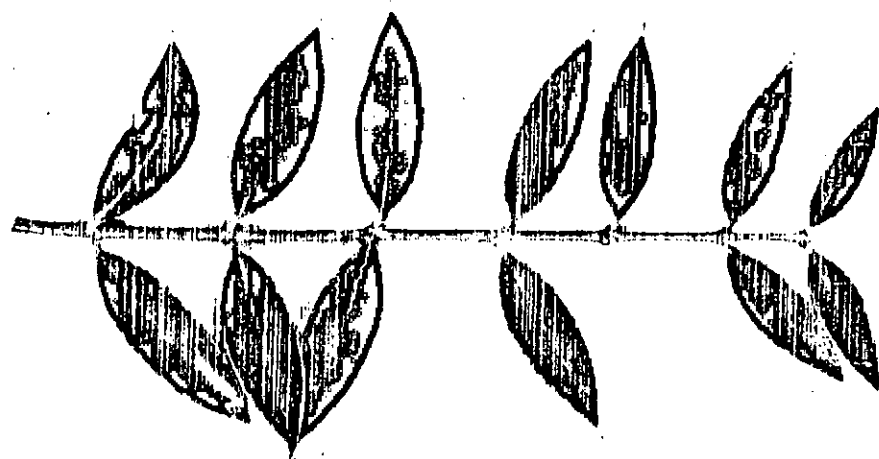
Observaciones : especie de follaje persistente, de excelente fructificación , con semillas suborbiculares rodeadas por un ala membranosa.

ASPIDOSPERMA QUEBRACHO BLANCO - Porte y caracteres morfológicos



Apidosperma quebracho blan



ASPIDOSPERMA QUEBRACHO-BLANCO -Hojas

Ficha Técnica No. 5

Familia : LEGUMINOSAS

Nombre Científico : *Prosopis alba* Griseb.

Nombre Vulgar : algarrobo blanco

Estrato al que pertenece : arbóreo secundario

Fuste: tortuoso corto hasta 4 m de altura. Hasta 0, 80m de DAP.

Porte : copa extendida , aparasolada.

Magnitud : cuarta .

Sistema de ramificaciones : simpódico.

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonia.

Corteza

Tipo: fisurada longitudinalmente.

Color : pardo.

Consistencia : fibrosa.

Aspecto de la corteza en sección transversal : laminar, con acumulación de numerosas capas delgadas de peridermis. Felógeno escamoso.

Diferencia corteza viva - muerta : Por el color , pero no por estructura.

Exudados : ocasionalmente , de origen traumático.

Color : amarillento.

Hojas

Compuestas bipinnadas de filotaxis alterna, foliolos de 7-20 mm de largo.

Borde del limbo : entero.

Fruito : legumbre indehisciente comestible, amarilla clara falcada a curva.

Consistencia : subleñosa.

Madera : dura y pesada.

Diferencia albura - duramen : notoria y regular. Albura reducida.

Color albura: blanco amarillento. Duramen : castaño rosáceo.

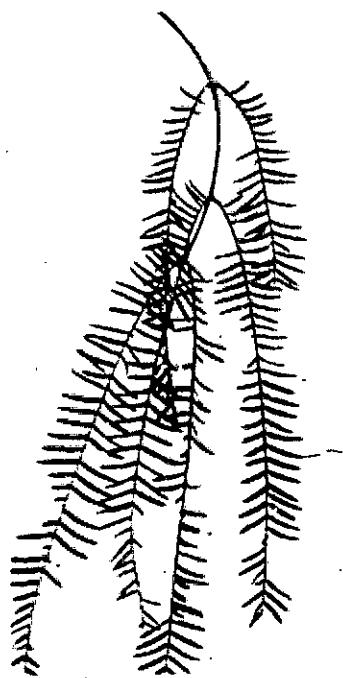
Peso específico : 0,80 Kg /dm³.

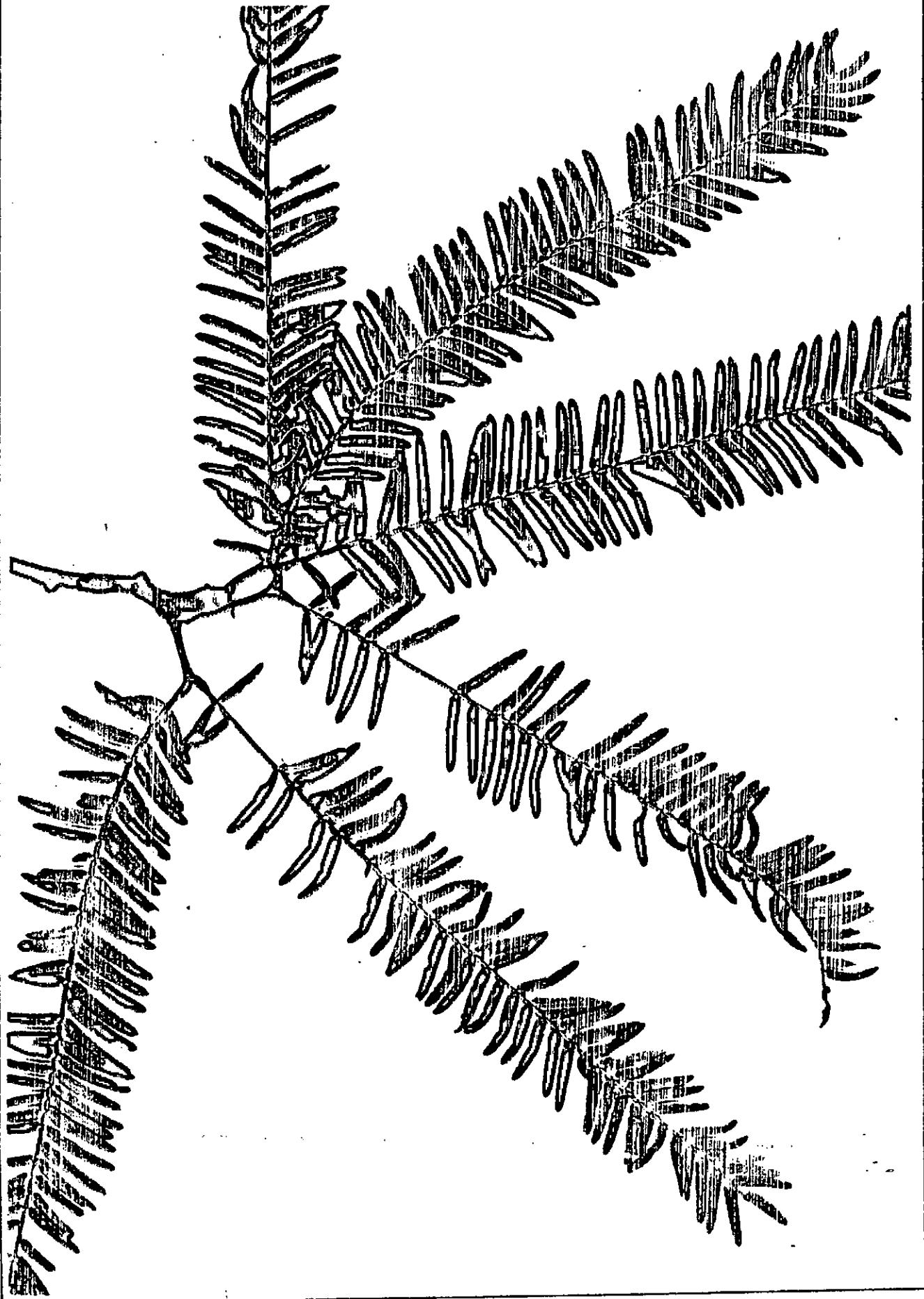
Veteado : punteado, originado por los elementos vasculares en caras longitudinales.

Anillos : demarcados por una línea clara (banda de parénquima marginal).

Observaciones : habita en las zonas bajas mas húmedas del Pque. Chaqueño

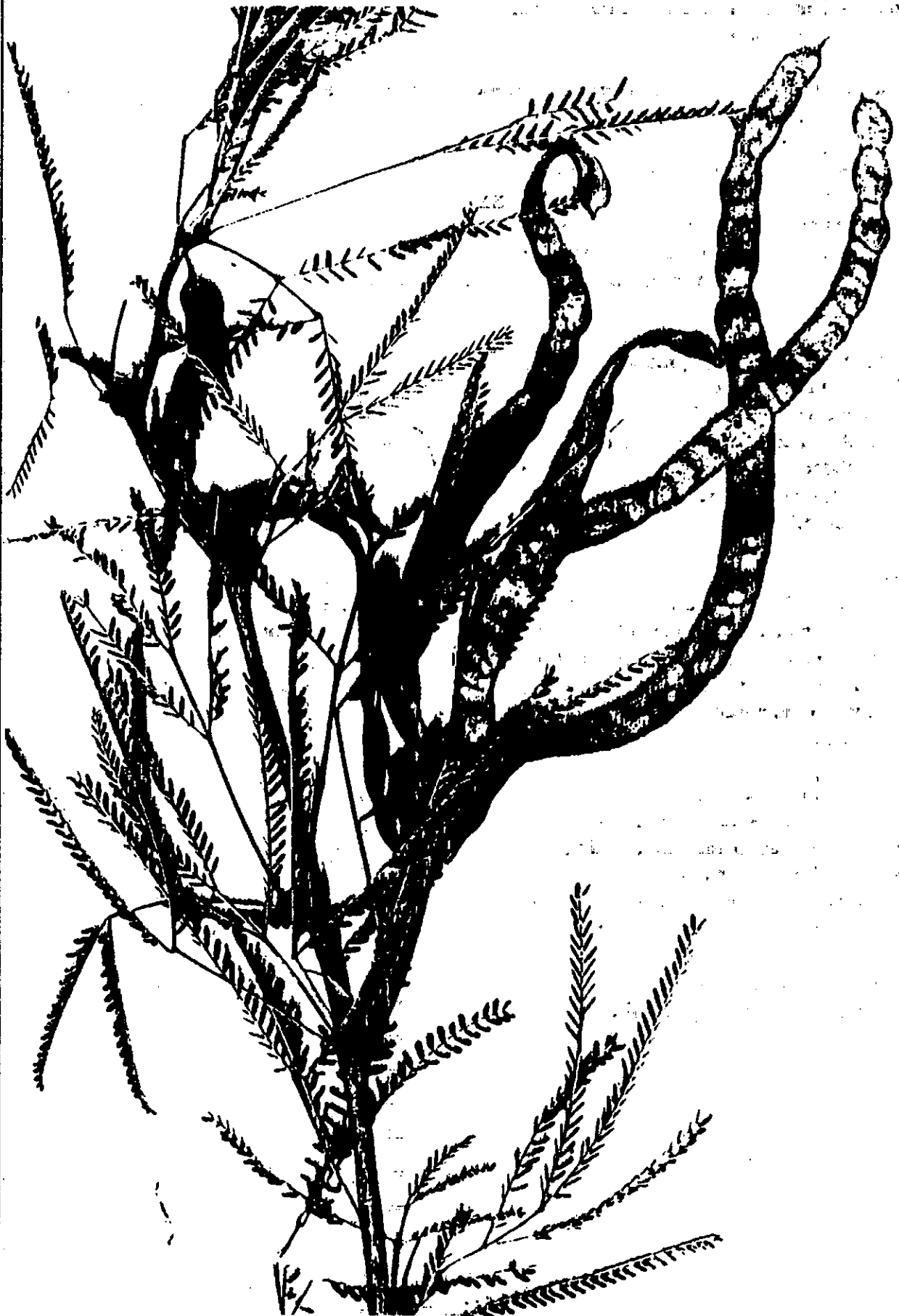
PROSOPIS ALBA - Porte y caracteres morfológicos



PROSOPIS ALBA-Hojas

Ficha Técnica N 6**Familia: LEGUMINOSAS****Nombre Científico :Prosopis nigra (Griseb. Hierom)****Nombre Vulgar : algarrobo negro.****Porte : copa extendida, aparasolada.****Fuste : corto, tortuoso. Diámetro hasta 0,60m .Longitud de fuste hasta 3m.****Magnitud : cuarta.****Sistema de ramificaciones : simpódico.****Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona.****Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía.****Corteza :****Tipo: fisurada longitudinalmente.****Color : castaño .****Consistencia : fibrosa.****Aspecto de la corteza en sección transversal : laminar.****Diferencia corteza viva - muerta : sí, por color.****Exudados : ocasionalmente de origen traumático****Color : amarillento.****Hojas****Compuestas bipinadas , dispuestas en fascículos alternos****Foliolos muy pequeños , 3-6 mm de largo por 1-2 mm de ancho****Borde del limbo : liso****Fruto : vaina recta, torulosa amarillenta con manchas moradas oscuras****Consistencia : subleñosa.****Madera : dura y pesada.****Diferencia albura - duramen : notoria y regular.Albura reducida .****Color albura : blanco amarillento. duramen : castaño rosáceo.****Peso específico :0,85,Kg./dm³****Veteado : suave originado por los elementos vasculares en sección longitudinal.****Anillos : demarcados por una banda de parénquima terminal.****Observaciones : se diferencia de Prosopis alba por ser los folíolos mas pequeños y el fruto torulosos y con manchas.**

PROSOPIS NIGRA - Porte y caracteres morfológicos

PROSOPIS NIGRA Hojas

Ficha Técnica N : 7

Familia: LEGUMINOSAS

Nombre Científico : *Prosopis kuntzei* Harms.

Nombre Vulgar : itin.

Estrato a que pertenece : Estrato arbóreo secundario .Forma masas puras , ó en pies aislados en el bosque multiespecífico.

Porte : irregular, copa espinicente.

Fuste: muy corto, tortuoso 2m de altura.

Magnitud : cuarta.

Sistema de ramificaciones : simpódico .

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonia.

Corteza

Tipo: fisurada longitudinalmente .

Color : castaño violáceo.

Consistencia : fibrosa.

Aspecto de la corteza en sección transversal : laminar.

Diferencia corteza viva - muerta : si. por el color.

Exudados : ocasionalmente , traumáticos.

Color : amarillento

Hojas

Especie subáfila ,hojas caducas tempranamente , uniyugas , con 2-5 pares de foliolos.Aparecen tempranamente en primavera sobre las ramas espinicentes pero caducan muy rápidamente.Por ello la especie es subáfila.

Borde del limbo : entero

Fruto : vaina indehisciente castaño violáceo ,recta.

Consistencia : subleñosa.

Madera : muy dura y pesada .

Diferencia albura - duramen : notoria , regular.

Color albura : blanco amarillenta , duramen : castaño -violáceo.

Peso específico : 1,2 Kg/dm³.

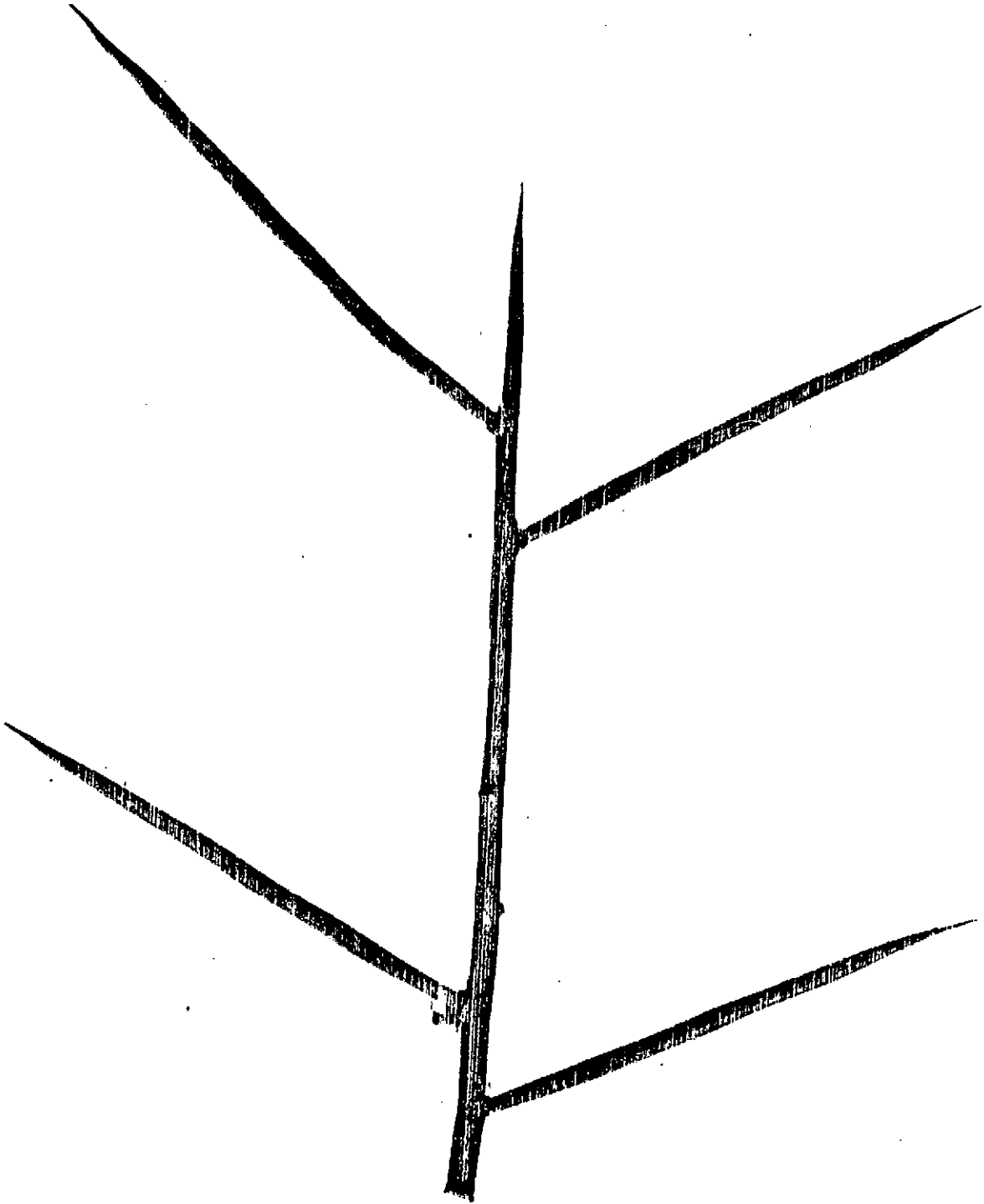
Veteado : suave , enmascarado por el color.

Anillos : poco demarcados por una banda de parénquima marginal.

Observaciones : es importante destacar el carácter xerófilo de la especie, con su copa totalmente espinicente y subáfila.

PROSOPIS KUNTZEI - Porte y caracteres morfológicos



PROSOPIS KUNTZEI-Ramas

Ficha Técnica N 8

Familia: LEGUMINOSAS

Nombre Científico :Prosopis vinalillo Stuck.

Nombre Vulgar : vinalillo

Porte: copa irregular .

Fuste: tortuoso ,corto (2 m)

Magnitud : cuarta

Sistema de ramificaciones : simpódica, con ramas zigzagueantes, con espinas geminadas ó solitarias muy grandes (13 cm).

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitonas

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza

Tipo : con fisuras longitudinales.

Color : castaño amarillento

Consistencia : fibrosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : fisuras longitudinales.

Diferencia corteza viva - muerta : + ,por el color.

Exudados :-

Color :-

Hojas

Compuestas, dispuestas en fascículos alternos. Con un par de pinas 4 -12 pares de folíolos, de 0,3-1cm de ancho ,coriáceos con nervadura bien marcada.

Borde del limbo : entero

Fruto : legumbre indehisciente torulosa ,algo curvada ,amarillento con manchas violáceas

Consistencia : subcoriácea

Madera : dura y pesada

Diferencia albura - duramen : medianamente marcada.

Color albura: blanco -amarillenta , duramen :amarillo ocre

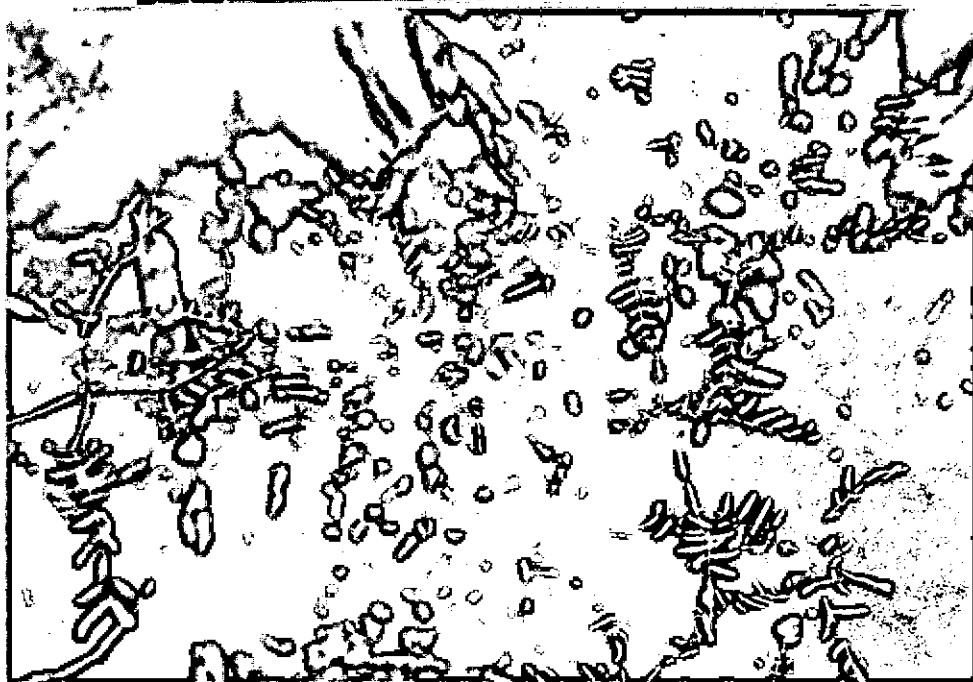
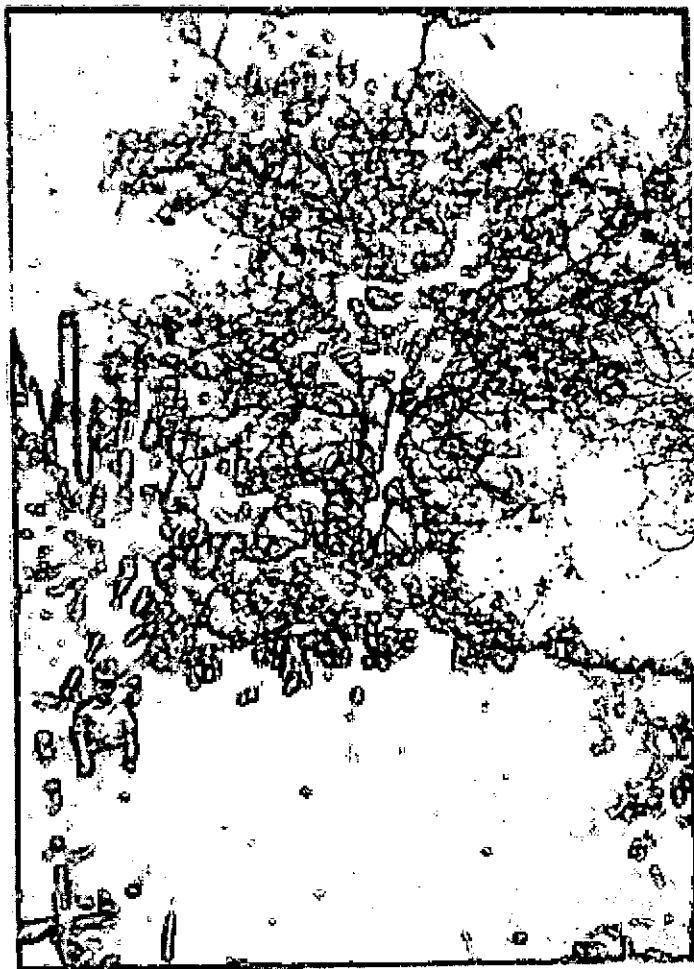
Peso específico :-

Veteado : suave

Anillos : demarcado por una banda de parénquima terminal

Observaciones :

PROSOPIS VINALILLO - Porte y caracteres morfológicos



PROSOPIS VINALILLO-Hojas



Ficha Técnica N o.9

Familia: LEGUMINOSAS

Nombre Científico : *Prosopis ruscifolia* Griseb

Nombre Vulgar : vinal

Porte: Presenta dos formas biológicas : la arbórea y la arbustiva. La primera tiene un porte con copa extendida e irregular. La segunda común en zonas bajas se ramifica desde la base muy tortuoso y espiniscente con ramas zigzagueantes.

La característica más notoria es la presencia de espinas uninodales de hasta 30 cm de longitud

Fuste: corto no más de 3 metros ,tortuoso .

Magnitud : cuarta

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitonas

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonia

Corteza

Tipo : fisurada longitudinalmente .

Color : pardo grisáceo

Consistencia : fibrosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : con diferencia entre corteza viva y muerta por su coloración.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : ocasionalmente, de origen traumático.

Color : amarillentos.

Hojas

Compuestas , bipinadas , uniyugas

Borde del limbo : con 2-4 pares de folíolos opuestos , de 1-3 cm de ancho , coriáceos. Borde liso.

Fruto : legumbre torulosa , amarillenta con manchas oscuras , algo curva .

Consistencia : subleñosa

Madera : dura y pesada

Diferencia albura - duramen : -

Color :albura : blanco amarillenta , duramen : castaño amarillento

Peso específico :

Veteado : por su coloración y por la presencia de elementos vasculares y el parénquima axial.

Anillos : definido por una banda de parénquima terminal

Observaciones : es una especie colonizadora de temperamento robusto.

Fenología : fructifica entre los meses de noviembre a febrero. El ganado come sus frutos.

PROSOPIS RUSCIFOLIA - Porte y caracteres morfológicos

PROSOPIS RUSCIFOLIA-Hojas

Ficha Técnica N : 10

Familia: LEGUMINOSAS

Nombre Científico : *Acacia aroma* Gill ep.H.et A.

Nombre Vulgar : tusca

Porte: copa globosa , ramas delgadas

Fuste: corto (2 m) ramificado tempranamente ,tortuoso.Ramas con espinas geminadas cónicas hasta de 6 cm de largo.

Magnitud :cuarta

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : acrotonía

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonia

Corteza

Tipo: fisurada longitudinalmente

Color : castaño oscuro

Consistencia : fibrosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : regular en su estructura , con acumulación de numerosas peridermis, felógeno escalar.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : -

Color : -

Hojas

Compuestas, bipinadas, agrupadas en fascículos en la axila del par de espinas.

Borde del limbo : entero ,15-30 pares de folíolos opuestos muy pequeños 1-3mm de largo y 0,5 -1 mm de ancho.

Fruto : legumbre alargada,extrangulada ,recta ó curva ,oscura al madurar.

Consistencia : subleñosa

Madera : dura y pesada.

Diferencia albura - duramen : +

Color : albura :blanco amarillento ,duramen :castaño rojizo

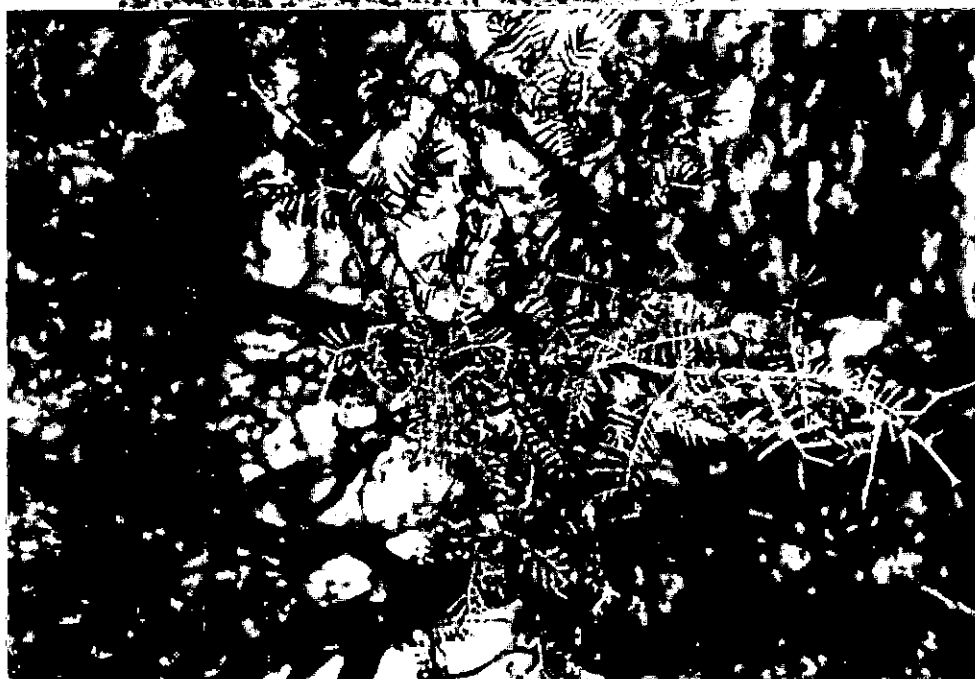
Peso específico : -

Veteado : originado por el color y los elementos vasculares y el parénquima.

Anillos :medianamente demarcado por un parénquima marginal.

Observaciones :

ACACIA AROMA - Caracteres morfológicos y porte



ACACIA AROMA-Hojas



Ficha Técnica N 11

Familia: LEGUMINOSAS

Nombre Científico : *Acacia caven* Mol

Nombre Vulgar : churqui

Porte: irregular ,tortuoso. A veces arbustivo.

Fuste: corto, no mayor de 1,5 m , fuste tortuoso.

Magnitud :cuarta

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : acrotonía

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza

Tipo: en placas pequeñas

Color : pardo grisáceo

Consistencia : fibrosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : laminar

Diferencia corteza viva - muerta : por coloración .Acumulación de varias peridermis.

Exudados : -

Color : -

Hojas

Bipinadas , en fascículos alternos colocados en la base de cada par de espinas(menores de 3 cm) .15-25 pares de folíolos opuestos .sésiles ,muy pequeños (1-3mm de largo y 0,5-1 mm de ancho) .

Borde del limbo : entero

Fruto : vaina subglobosa , negra ,con dos suturas longitudinales, ápice con mucrón.

Consistencia : subleñosa.

Madera :dura y pesada

Diferencia albura - duramen : +

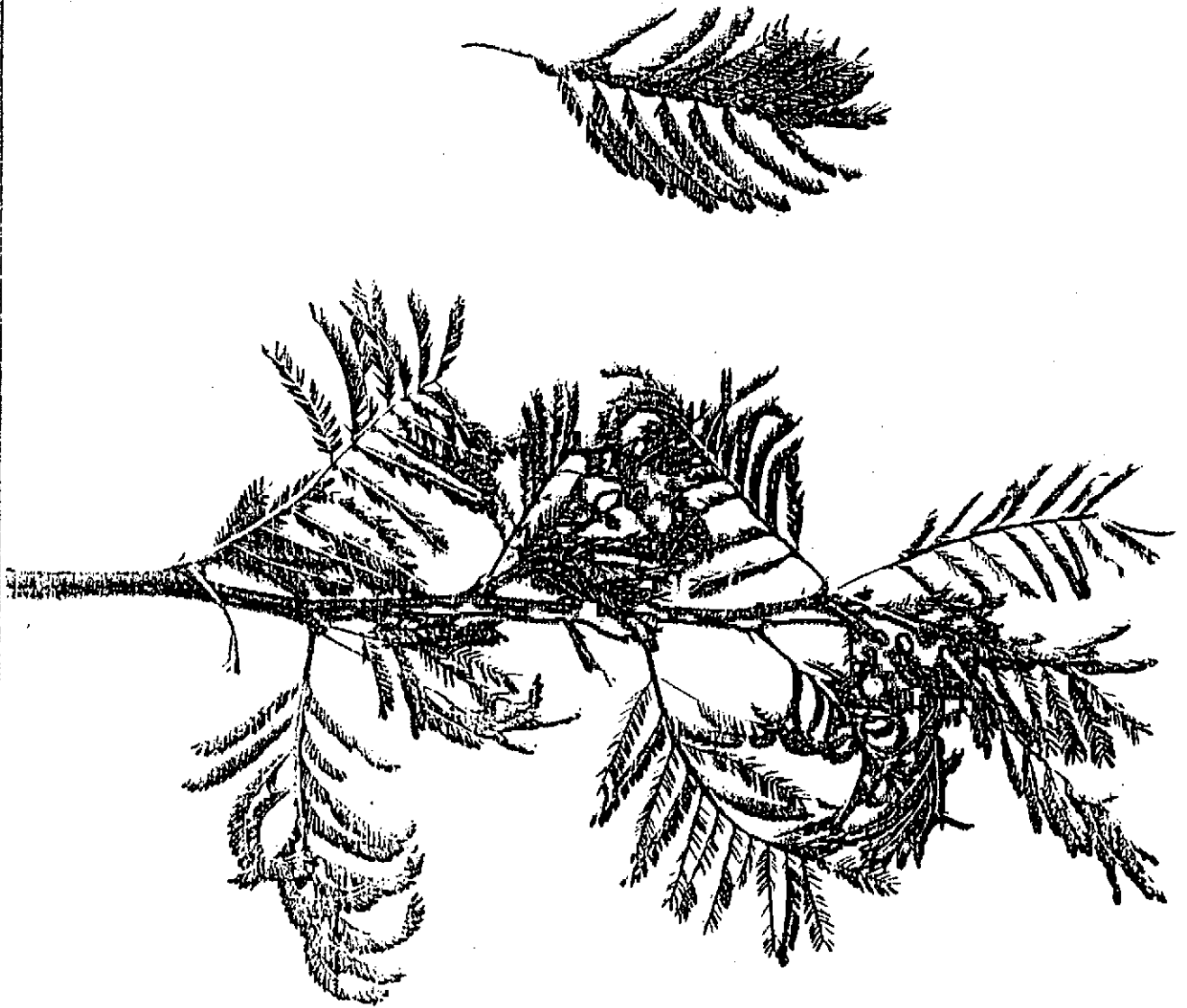
Color : albura :amarillenta, durámen :castaño violáceo.

Peso específico : 0,89 kg /dm³

Veteado : suave

Anillos : medianamente demarcados por parénquima marginal.

Observaciones :los frutos permanecen en la planta durante gran parte del año.

ACACIA CAVEN-Hojas

Ficha Técnica No. 12

Familia: LEGUMINOSAS

Nombre Científico: *Anadenanthera colubrina* (Vell)Brenan var. *cebil* Griseb.

Nombre Vulgar: cebil colorado

Porte: copa en abanico, de follaje tenue.

Fuste: recto, algo tortuoso, desarrollado (5 m)

Magnitud: 3-4 (Tercera-cuarta)

Sistema de ramificaciones: simpódico

Dirección de crecimiento de las ramas: anfitonas

Sucesión de las ramas en el eje madre: acrotonia

Corteza:

Tipo: con protuberancia en cebil colorado en individuos adultos y agujones corticales en individuos jóvenes. En cebil la corteza es en placas muy desarrolladas.

Color: pardo rojizo

Consistencia: quebradiza

Aspecto de la corteza en sección transversal: con diferencia de color.

Diferencia corteza viva - muerta: ++

Exudados: -

Color: -

Hojas

Compuestas, alternas, bipinadas, con 30-60 pares de folíolos opuestos. Presenta una glándula en la base del peciolo.

Borde del limbo: entero

Fruto: legumbre dehiscente, aplanado, estrangulada entre cada semilla.

Consistencia: coriácea

Madera: dura y pesada, con taninos

Diferencia albura - duramen: +

Color: albura blanco amarillenta, duramen: castaño rosácea

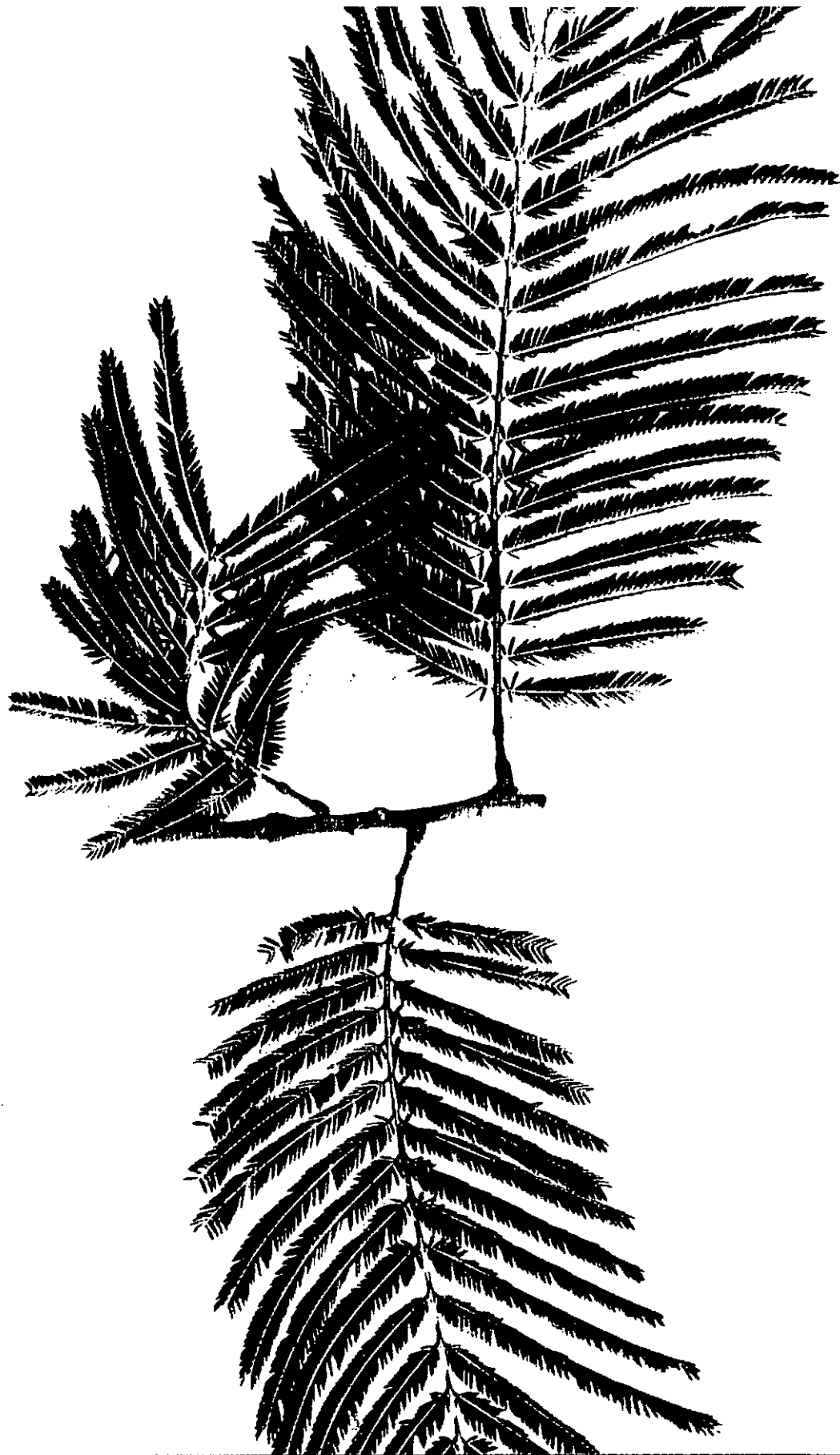
Peso específico: 0,98 kg/dm³

Veteado: espigado suave.

Anillos: por una delgada capa de parénquima terminal de dos camadas de células de espesor.

Observaciones: es una especie de alta vitalidad que habita en el parque chaqueño serrano.

ANADENANTHERA COLUBRINA Porte y caracteres morfológicos morfológicos



Ficha Técnica N o. 13

Familia: Leguminosas

Nombre Científico : *Caesalpinia paraguariensis* (D.Parodi) Burk.

Nombre Vulgar : guayacán

Porte: copa extendida y globosa, follaje ténue.

Fuste: corto 2m , con diámetros de hasta 1m .

Magnitud : 4ta. hasta 20m de altura.

Sistema de ramificaciones : simpódica.

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía.

Corteza

Tipo : muy delgada de color castaño violáceo, dehiscente en placas irregulares de bordes redondeados que dejan ver la corteza nueva que es gris verdosa .

Consistencia : quebradiza.

Aspecto de la corteza en sección transversal : diferencia de coloración ,entre corteza viva y muerta.No hay acumulación de peridermis.

Exudados : no presenta.

Color : -

Hojas

Alternas , compuestas bipinadas. 3-6 pares de pinas. 6-10 pares de folíolos opuestos elípticos. Follaje ténue y ferrugíneo en el momento de la brotación.

Borde del limbo : liso.

Flor: en racimos de color anaranjado.

Fruto : indehiscente, orbicular castaño violáceo.

Consistencia : leñosa.

Madera : muy dura y pesada , de alto valor estético por su coloración ,y textura.

Diferencia albura - duramen : Sí.

Color : albura : blanco rosáceo. duramen : castaño violáceo.

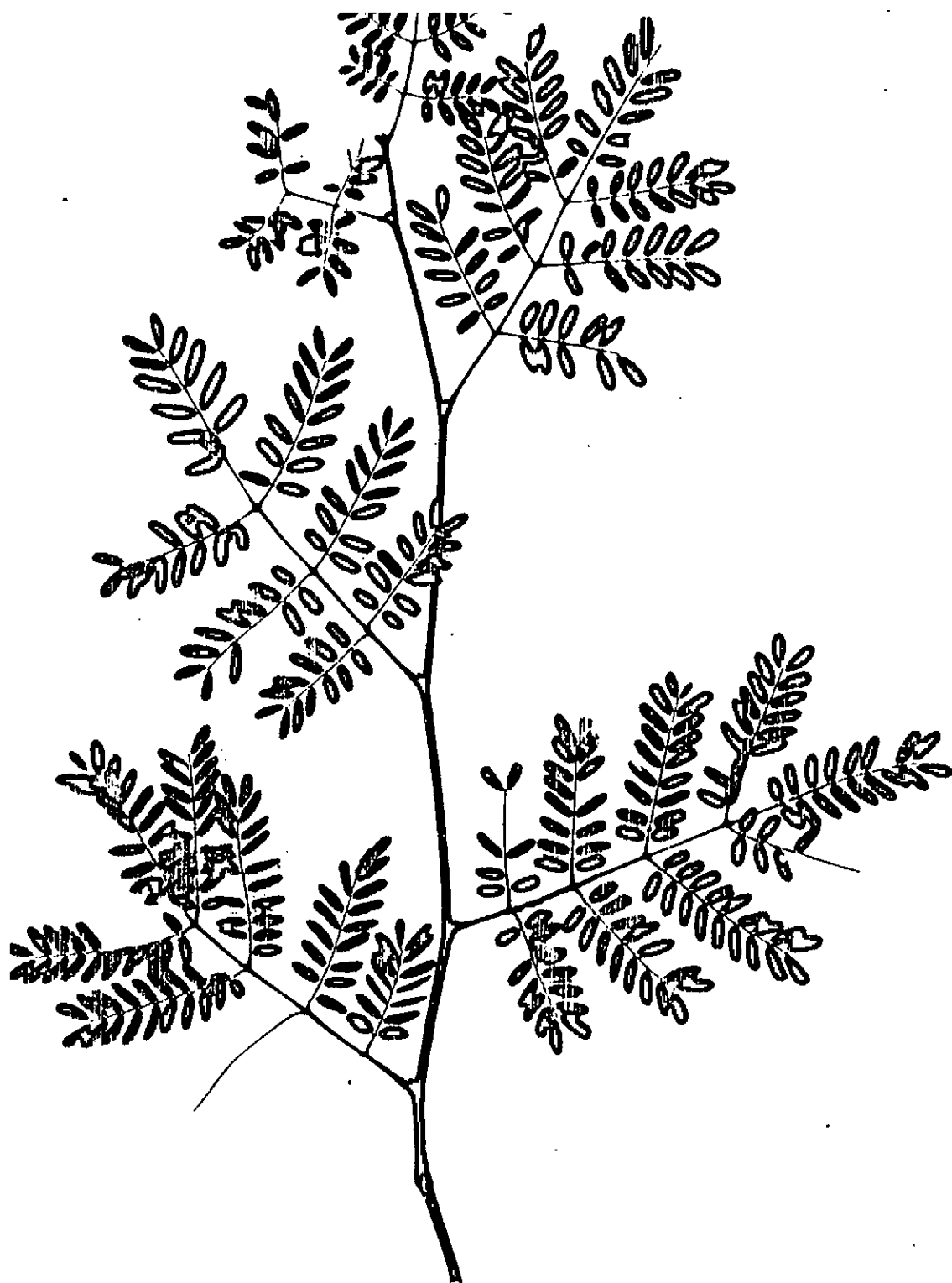
Peso específico : 1,12 Kg/ dm³

Veteado : suave , enmascarado por el color.

Anillos : definido por una banda de parénquima terminal de 2 estratos de células.

Observaciones : habita en el Pque Chaqueño seco , en las partes mas humedas, en la Selva tucumano boliviana, y también en la Región del Monte.

CAESALPINIA PARAGUARIENSIS - Porte y caracteres morfológicos

CAESALPINIA PARAGUARIENSIS-Hojas

Ficha Técnica No .14

Familia:LEGUMINOSAS - Cesalpinoideas

Nombre Científico :*Cercidium australe* Johnst.

Nombre Vulgar :brea

Porte: copa pequeña en abanico.

Fuste: corto, tortuoso de hasta 30 cm de diámetro.

Magnitud : 4ta. hasta 8m

Sistema de ramificaciones : simpódicas zigzagueantes, de coloración verde característica con una espina en la base del braquiblasto que contiene el fascículo de hojas.

Dirección de crecimiento de las ramas : epítonas.

Sucesión de las ramas en el eje madre : acrotonía.

Corteza

Tipo: lisa, dehiscente a nivel celular.

Color : verde amarillento, lenticelada.

Consistencia : vidriosa.

Aspecto de la corteza en sección transversal : muy delgada, sin acumulación de peridermis.

Diferencia corteza viva - muerta : no.

Exudados : si.

Color : amarillento de consistencia pegajosa.

Hojas

Rapidamente caducas, bipinadas, uni y biyugas con 5 a 8 pares de folíolos opuestos pubescentes.

Borde del limbo : liso

Flor: amarilla en racimos.

Fruto : vaina chata con poca semilla de color castaño claro.

Consistencia : coriácea.

Madera : semidura y semipesada.

Diferencia albura - duramen : no

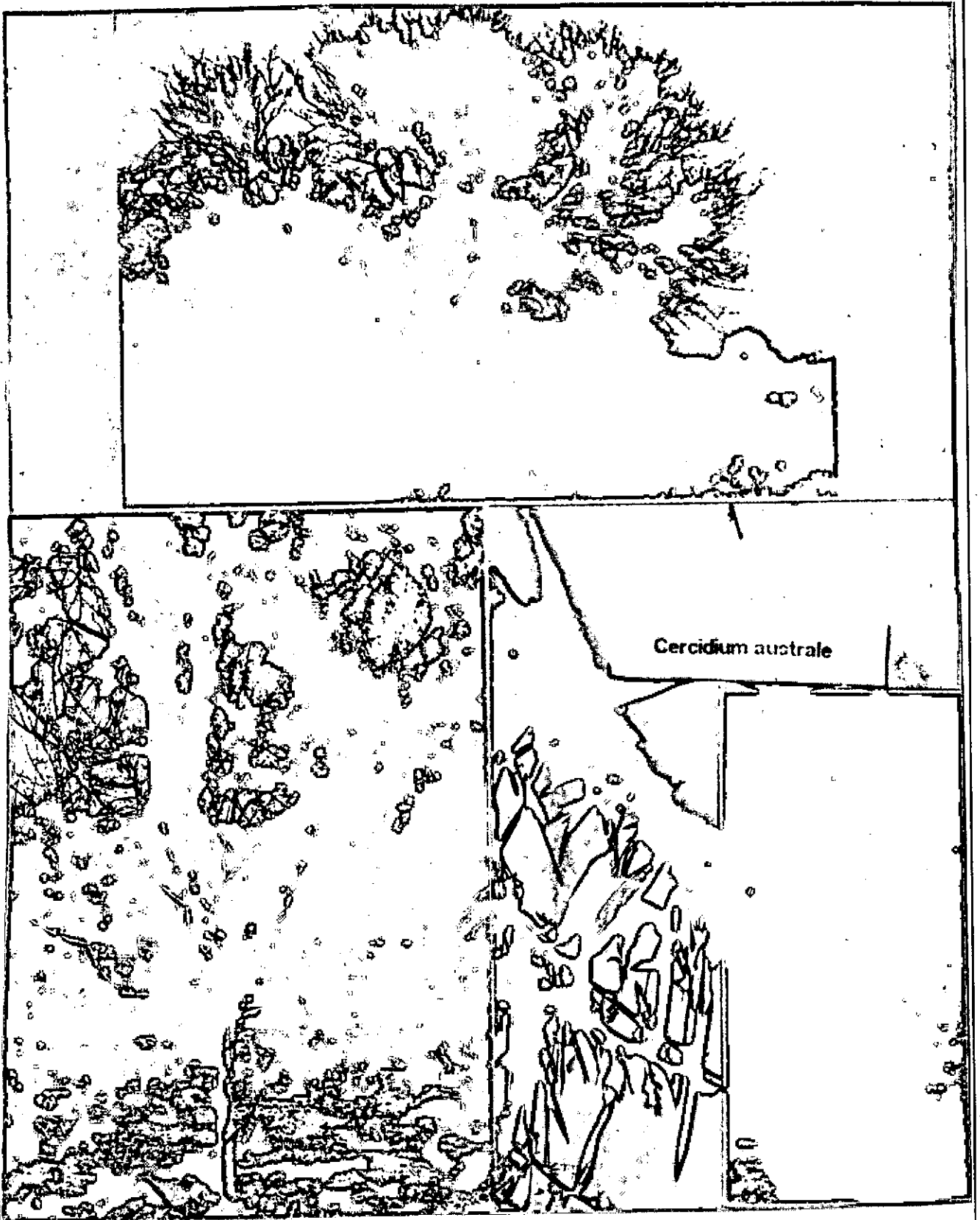
Color : amarillo ocre.

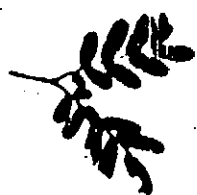
Peso específico : 0,7Kg/dm³

Veteado : sin vetas.

Anillos : demarcado por una angosta banda de parénquima terminal de 2 estratos de células.

Observaciones : amplia área de dispersión . Habita en el Parque Chaqueño seco, Parque pampeano puntano y Monte xerofítico.

CERCIDIUM AUSTRALE - Caracteres morfológicos y porte

CERCIDIUM AUSTRALE-Hojas

Ficha Técnica No.15

Familia: LEGUMINOSAS PAPILIONOIDEAS

Nombre Científico : *Geoffroea decorticans* Burk.

Nombre Vulgar : chañar

Porte: copa irregular.

Fuste: corto , tortuoso , de hasta 30cm de diámetro .Raíces gemíferas.

Magnitud : 4ta hasta 10m de altura.

Sistema de ramificaciones : simpódico

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona. Ramas sigzagueantes rígidas espiniscentes.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía.

Corteza

Tipo: dehiscente en tiras dejando ver la corteza nueva verdosa cuando joven , en el adulto corteza dehiscente en placas de coloración parda.

Consistencia : quebradiza.

Aspecto de la corteza en sección transversal : en la corteza externa se observan grupos de estructuras de secreción distribuidas tangencialmente.

Diferencia corteza viva - muerta : debido a la coloración.

Exudados : Sí , muy abundantes.

Color : rojizo.

Hojas

Compuestas imparipinadas con ápice emarginado el foliolo terminal siempre mayor que los otros.

Borde del limbo : liso.

Flores: amarillentas , floración simultánea con la foliación .

Fruto : drupa ovoidea castaña , comestible.

Consistencia : carnosas.

Madera : semidura y semipesada.

Diferencia albura - duramen : no.

Color : blanco amarillento.

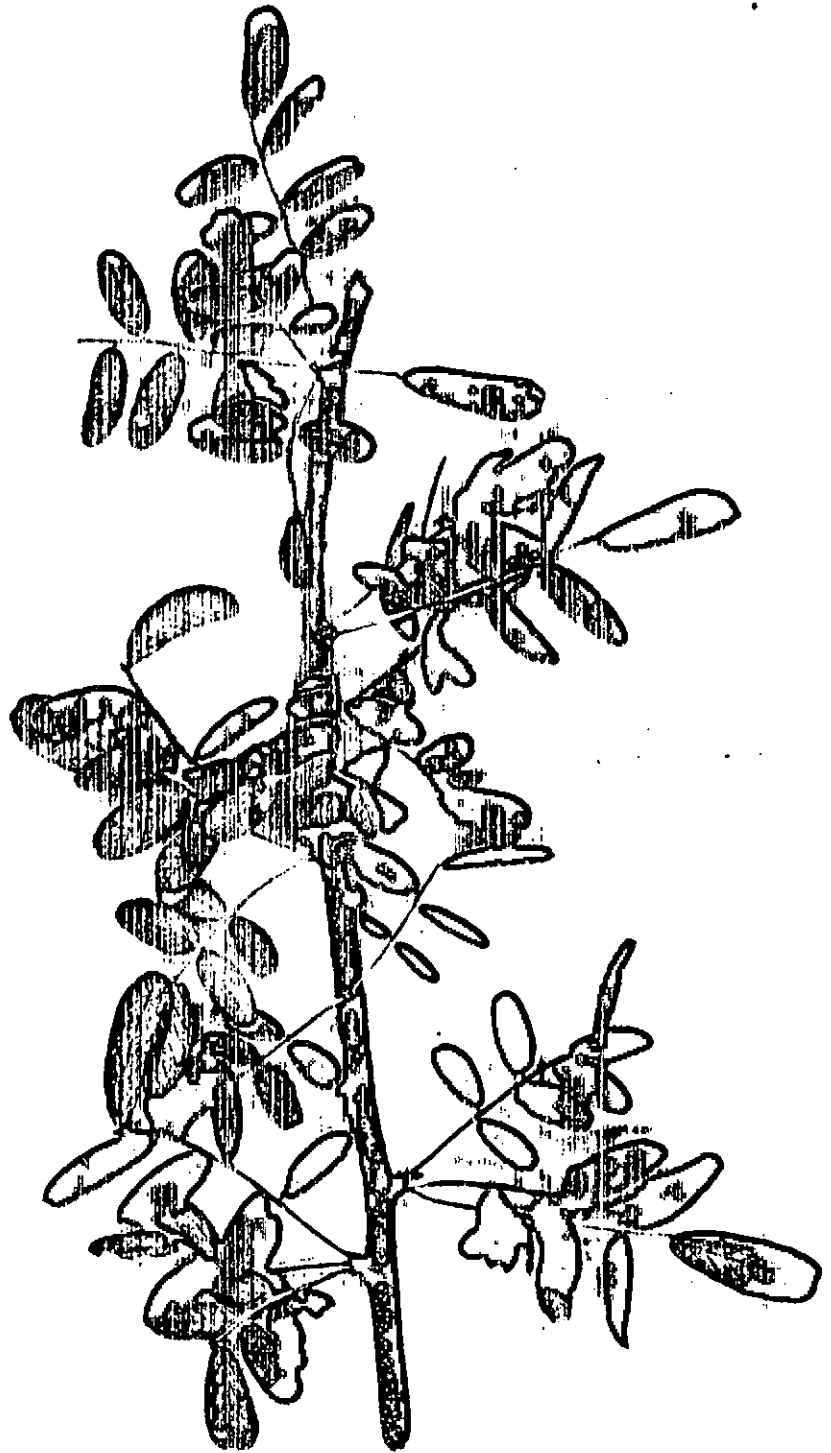
Peso específico : 0,6 kg/dm³

Veteado : lisa.

Anillos : demarcado por un parénquima confluyente terminal.

Observaciones : Habita en el Pque. Chaqueño y Región del Monte.

GEOFFROEA DECORTICANS - Porte y caracteres morfológicos

GEOFFROEA DECORTICANS-Hojas

Ficha Técnica No. 16

Familia: LEGUMINOSAS PAPILIONOIDEAS

Nombre Científico : *Erythrina crista-galli* .L.

Nombre Vulgar : seibo

Porte: copa amplia e irregular ,con abundantes ramas delgadas naciendo de ramas gruesas y del fuste.

Fuste: corto ,grueso (hasta 60 cm DAP)

Magnitud : 4 ta

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza

Tipo: fisurada profundamente en sentido longitudinal .En individuos jóvenes presenta agujijones corticales cónicos de apenas 2 cm de longitud.

Color : grisácea amarillenta

Consistencia : corchosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : corteza muy desarrollada transversalmente ,de aspecto laminar con acumulación de numerosas capas peridérmicas.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : -

Color : -

Hojas

Compuesta ,trifoliada ,imparipinada

Borde del limbo : entero

Flor : muy vistosa de color rojo vivo .Florece de septiembre a diciembre

Fruto : legumbre dehiscente ,algo curva ,apiculada en el ápice.

Consistencia : leñosa

Madera : muy blanda y liviana

Diferencia albura - duramen : -

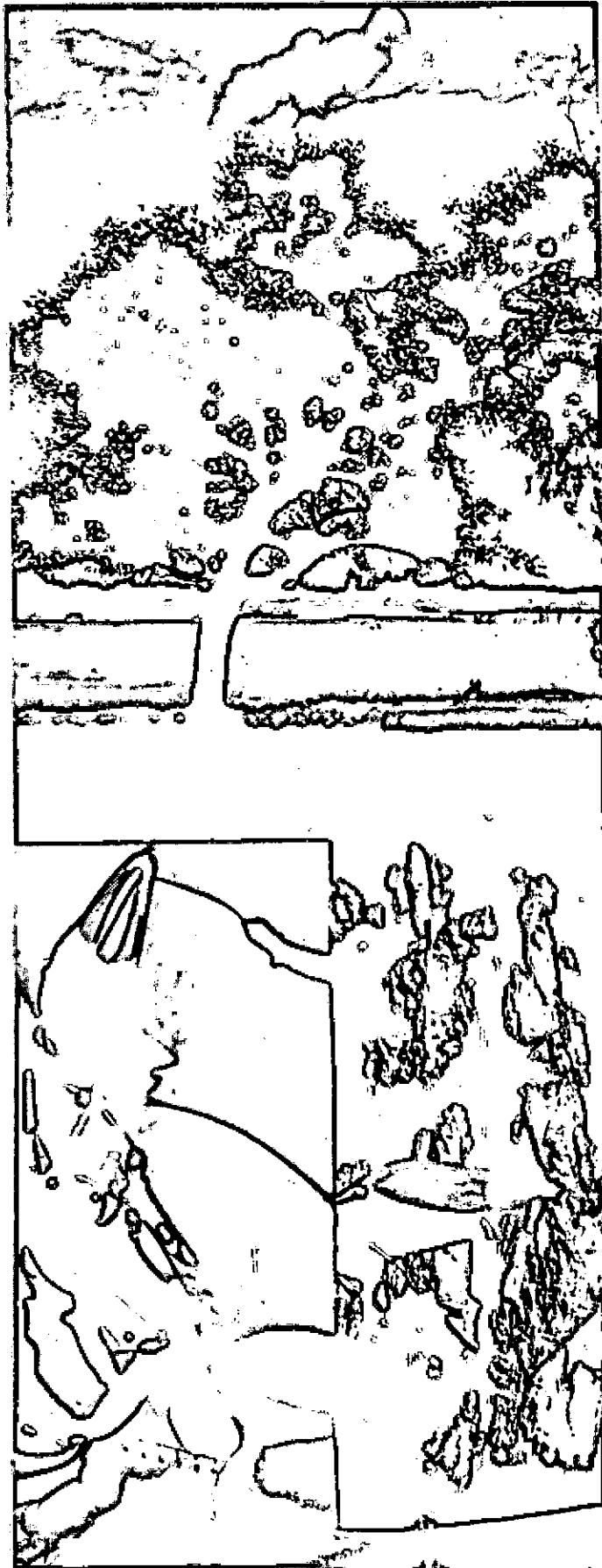
Color : blanco -amarillento

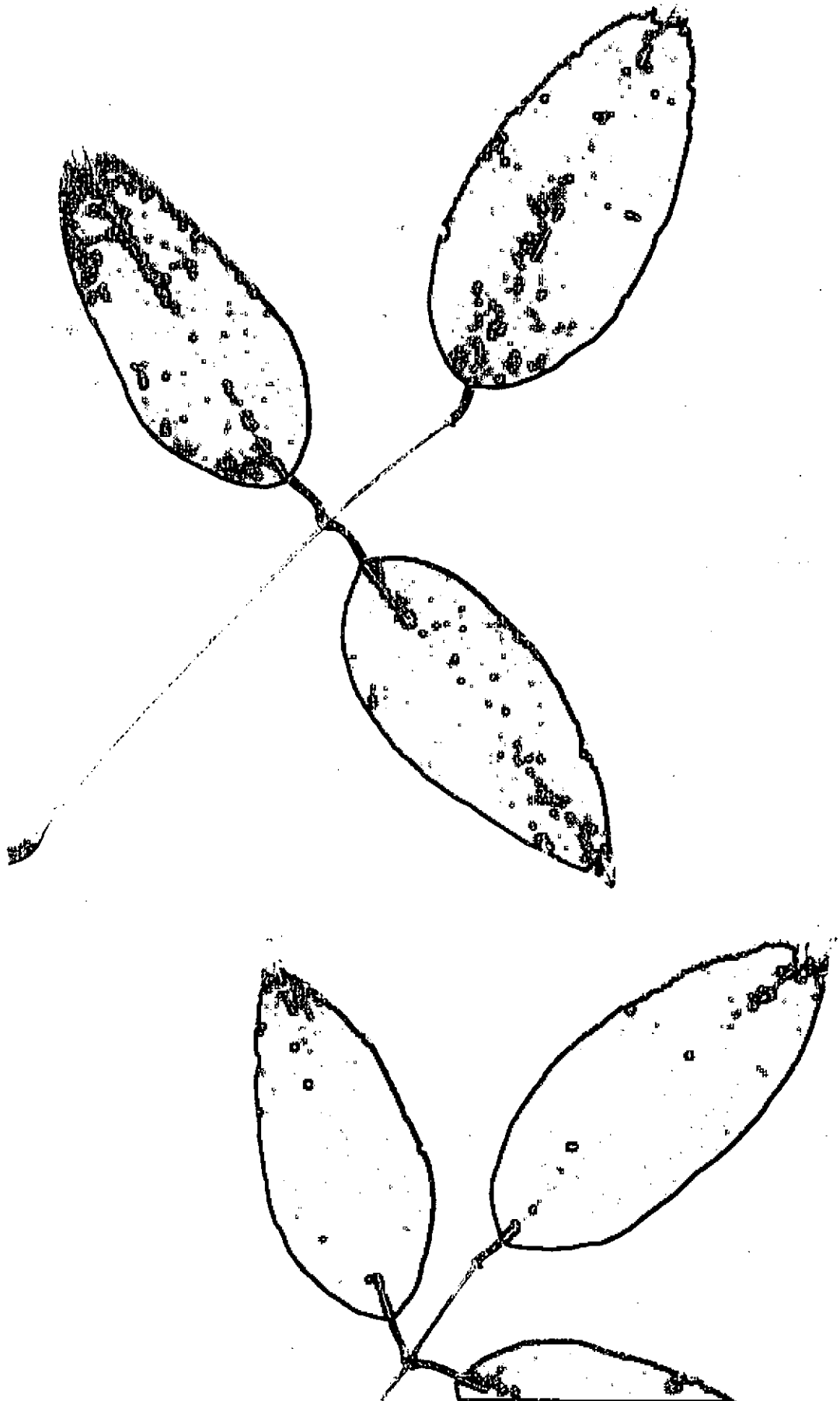
Peso específico : 0,3 kg /dm³

Veteado : demarcado por los elementos del leño que presentan textura gruesa y homogénea.

Anillos : escasamente demarcados

Observaciones :Habita en zonas más húmedas ,inundables periódicamente ,y asociada a cursos de agua.

ERYTHINA CRISTA-GALLI - Porte y caracteres morfológicos

ERYTHRINA CRISTA -GALLI-Hojas

Ficha Técnica No. 17

Familia: ULMACEAS

Nombre Científico : *Celtis tala* Sprengel

Nombre Vulgar : tala

Porte: copa amplia ,globosa.

Fuste: tortuoso de hasta 60 cm de diámetro.

Magnitud : 4ta. 3 -10 m de altura.

Sistema de ramificaciones : simpódica. Ramas principales nudosas y zigzagueantes .

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitóna .

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotónia.

Corteza

Tipo: dehiscente en placas de tamaño diverso con marcadas fisuras longitudinales marcadas.

Color : pardo grisáceo.

Consistencia : aspecto de la corteza en sección transversal : Se observa la acumulación de varias capas de peridermis.

Diferencia corteza viva - muerta : debido a la coloración.

Exudados : No

Color : -

Hojas

Simple, alternas aovadas

Borde del limbo : parcialmente aserrados (mitad superior).

Fruto : drupa pequeña de color anaranjado.

Consistencia : carnosas.

Madera : semidura y semipesada.

Diferencia albura - duramen : no

Color : blanco amarillenta.

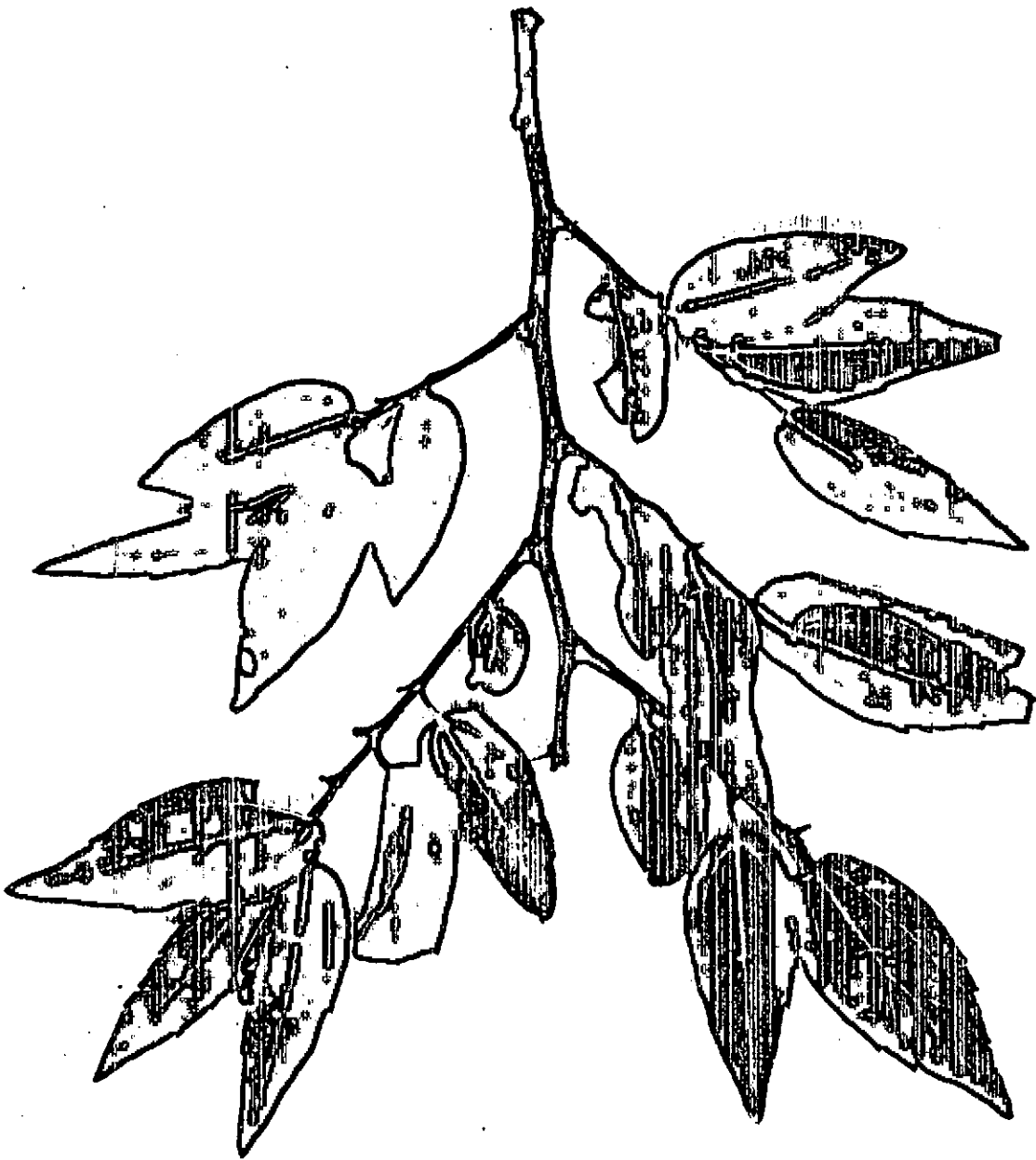
Peso específico : 0,8 Kg/dm³

Veteado : suave.

Anillos : demarcado por una banda de parénquima terminal.

Observaciones : habita en el Parque Chaqueño y Región del Monte.

CELTIS TALA - Porte y caracteres morfológicos

CELTIS TALA-Hojas

Ficha Técnica No. 18

Familia:SANTALACEAS

Nombre Científico : *Jodina rhombifolia* Hook et Arn

Nombre Vulgar : sombra de toro

Porte: copa globosa .

Fuste: corto ,con diámetros no mayores a 25 cm DAP.

Magnitud : cuarta

Sistema de ramificaciones : simpódico

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza

Tipo: dehiscente en placas irregulares ,predominando las fisuras longitudinales profundas que dejan ver cicatrices de color ocre. Se observa acumulación de varis capas peridérmicas.

Color : pardo amarillento

Consistencia : corchosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : corteza muerta muy desarrollada y profundamente fisurada hasta la corteza viva.

Diferencia corteza viva - muerta : Marcada por la coloración

Exudados : -

Color : -

Hojas :

Simple ,de filotaxis alterna ,coriáceas ,rómicas ,con ápice punzante y dos espinas más cortas en los ángulos laterales Borde del limbo : Liso

Fruto : globoso ,cubierto con 5 tépalos carnosos que luego se secan y dejan al descubierto el endocarpio leñoso.

Consistencia : carnososo.

Madera : semidura y semipesada.

Diferencia albura - duramen : -

Color : blanco cremoso

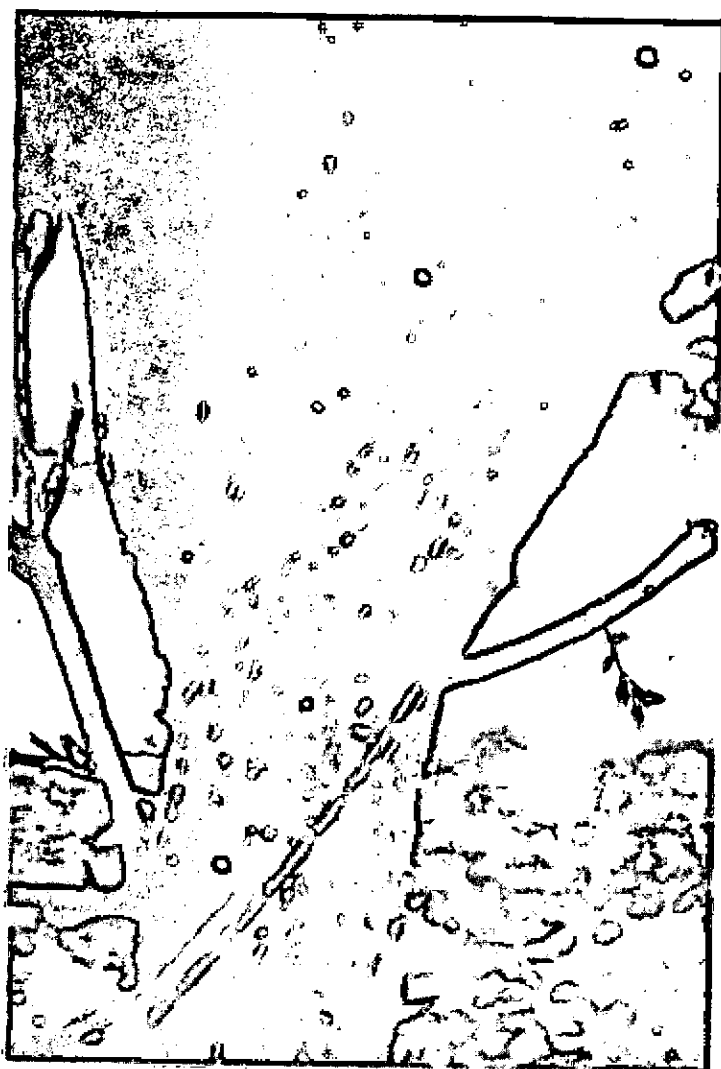
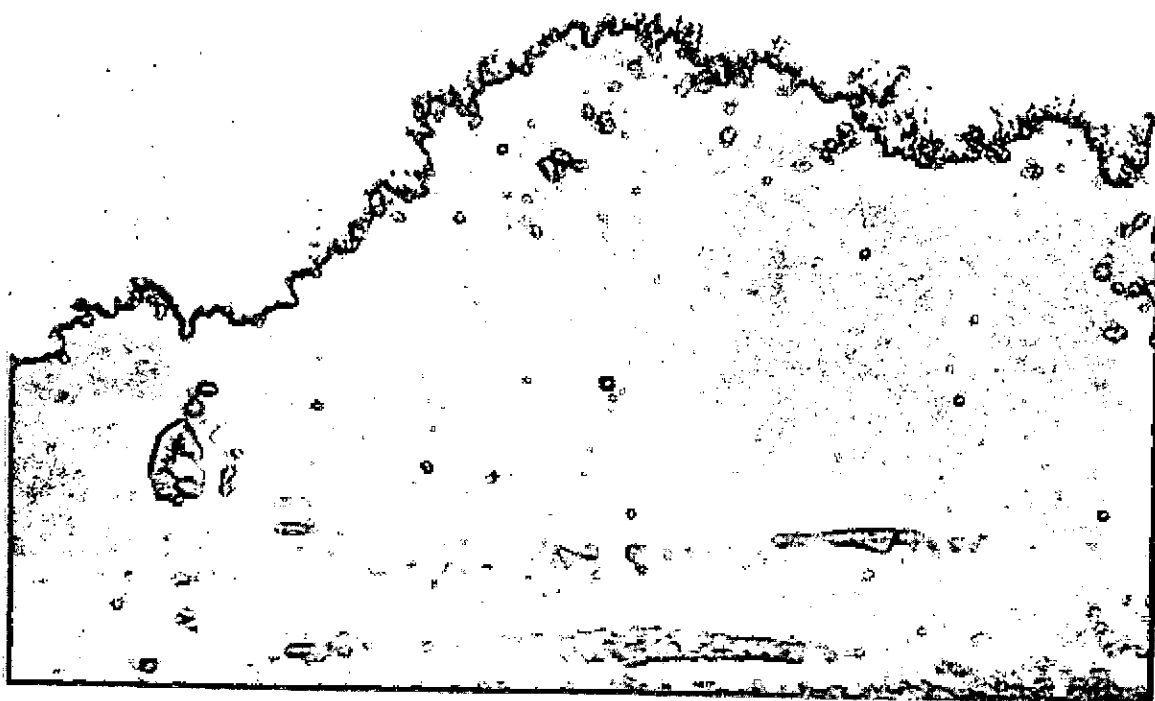
Peso específico : -

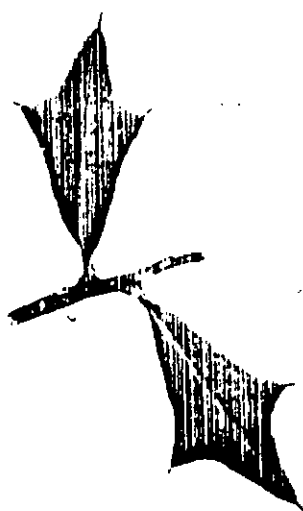
Veteado : suave

Anillos : demarcados por el cambio de orientación de los elementos vasculares que presentan porosidad dendrítica.

Observaciones : de follaje persistente.

JODINA RHOMBIFOLIA - Caracteres morfológicos y porte



JODINA RHOMBIFOLLA-Hojas

Ficha Técnica No. 19

Familia: RAMNACEAS

Nombre Científico : *Zizyphus mistol* .GRISEB.

Nombre vulgar: mistol

Porte: copa globosa.

Fuste: corto de 2-3 m ,hasta 50cm de diámetro.

Magnitud : cuarta. de 4 -10m de altura.

Sistema de ramificaciones : simpódico. Ramas y ramitas zigzagueantes y espiniscentes .

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonia.

Corteza:

Tipo: en placas muy pequeñas irregulares.

Color : pardo.

Consistencia : quebradiza.

Aspecto de la corteza en sección transversal : poco desarrollada, hay acumulación de peridermis.

Diferencia corteza viva - muerta : debida al color.

Exudados : no presenta.

Color : -

Hojas

Simple alternas, coriáceas verde grisáceo.

Borde del limbo : totalmente aserrado. en forma suave, nervadura campilódroma .

Fruto : drupa globosa.

Consistencia : carnosa.

Madera : dura y pesada.

Diferencia albura - duramen : si. Presenta duramen reducido.

Color : albura amarillenta , duramen castaño rojizo.

Peso específico :0.95 kg/dm³.

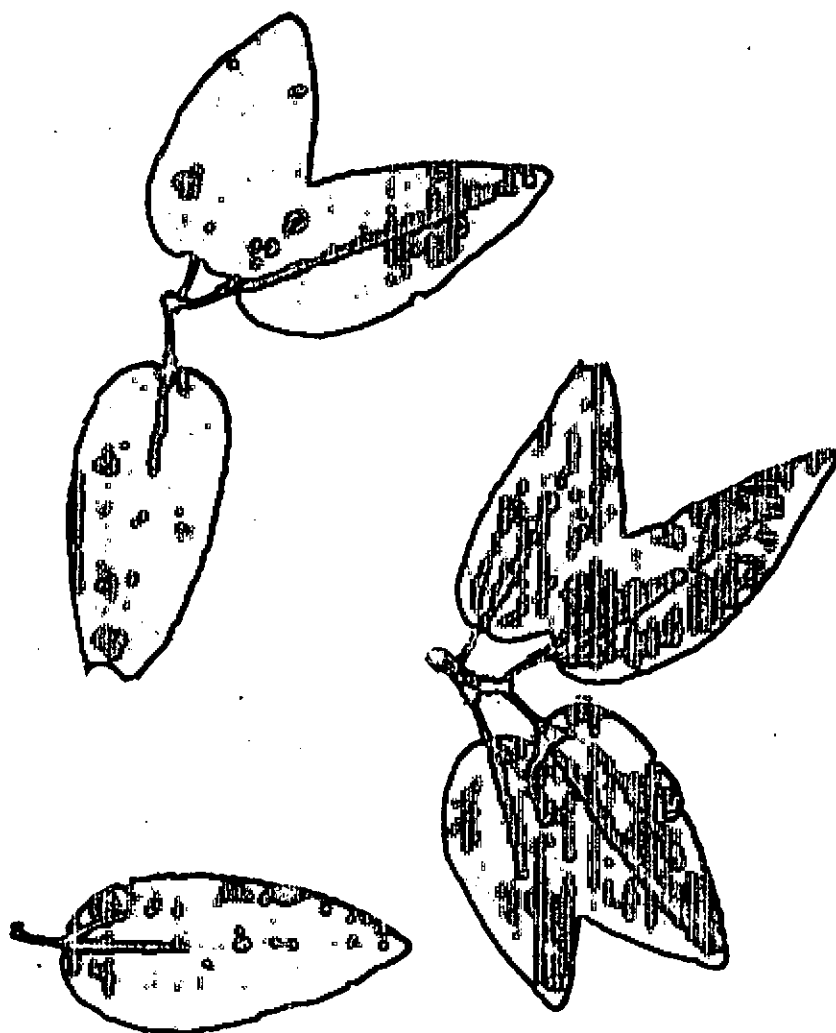
Veinado : suave.

Anillos : demarcados por una banda de fibras de 3 estratos de células de espesor.

Observaciones : después del Quebracho blanco, el mistol es el que mayor frecuencia específica tiene en el Pque. Chaqueño Seco.

ZIZYPHUS MISTOL - Porte y caracteres morfológicos



ZIZYPHUS MISTOL- Hojas

Ficha Técnica No. 20

Familia: BIGNONIACEAS

Nombre Científico: *Tabebuia nodosa* Griseb.

Nombre Vulgar: huiñaj

Porte: copa irregular.

Fuste: tronco de hasta 30 cm de diámetro.

Magnitud : 4ta magnitud. Hasta 8m de altura.

Sistema de ramificaciones : simpódico. Ramas y ramitas nudosas, las laterales formando ángulo recto(en cruz) con la rama en la que nace.

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona.

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía.

Corteza

Tipo: dehiscencia en placas irregulares.

Color : pardo amarillento.

Consistencia : quebradiza.

Aspecto de la corteza en sección transversal : desarrollada, hay acumulación de varias capas de peridermis.

Diferencia corteza viva - muerta : sí, por el color.

Exudados : no.

Color :-

Hojas

Simples, coriáceas, agrupadas en fascículos o solitarias de forma espatulada ó elíptica.

Borde del limbo: entero.

Flor : amarilla, campanulada. Florece de setiembre a diciembre.

Fruto: cápsula dehiscente lineal.

Consistencia: coriácea, semillas con 2 alas laterales.

Madera : semidura y pesada ,sin valor comercial.

Diferencia albura - duramen : no.

Color : blanco amarillento.

Peso específico:

Veteado: liso.

Anillos: demarcados por una banda de parénquima terminal.

Observaciones : es una especie higrófila.

TABEBUIA NODOSA - Porte y caracteres morfológicos

TABEBULA NODOSA -Hojas

Ficha Técnica No. 21

Familia: CAPARIDACEAS

Nombre Científico: *Capparis twediana*. Eichl.

Nombre Vulgar : sachá membrillo.

Porte: arbolito pequeño, copa globosa.

Fuste: corto (1,5 m), en general ramificado desde la base.

Magnitud : cuarta.

Sistema de ramificaciones : simpódico

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitonas

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonia

Corteza

Tipo: lisa, con lenticelas, verdosa, dehiscente a nivel celular.

Color : verde amarillenta

Consistencia : seca

Aspecto de la corteza en sección transversal : muy poco desarrollada.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : -

Color : -

Hojas :

Simples, alternas, de forma deltoidea o suborbicular, ápice obtuso

Borde del limbo: liso, discolora, pubescente en el envés.

Fruto: baya globosa.

Consistencia: carnosas

Madera : medianamente blanda y liviana

Diferencia albura - duramen : -

Color : blanco-cremoso

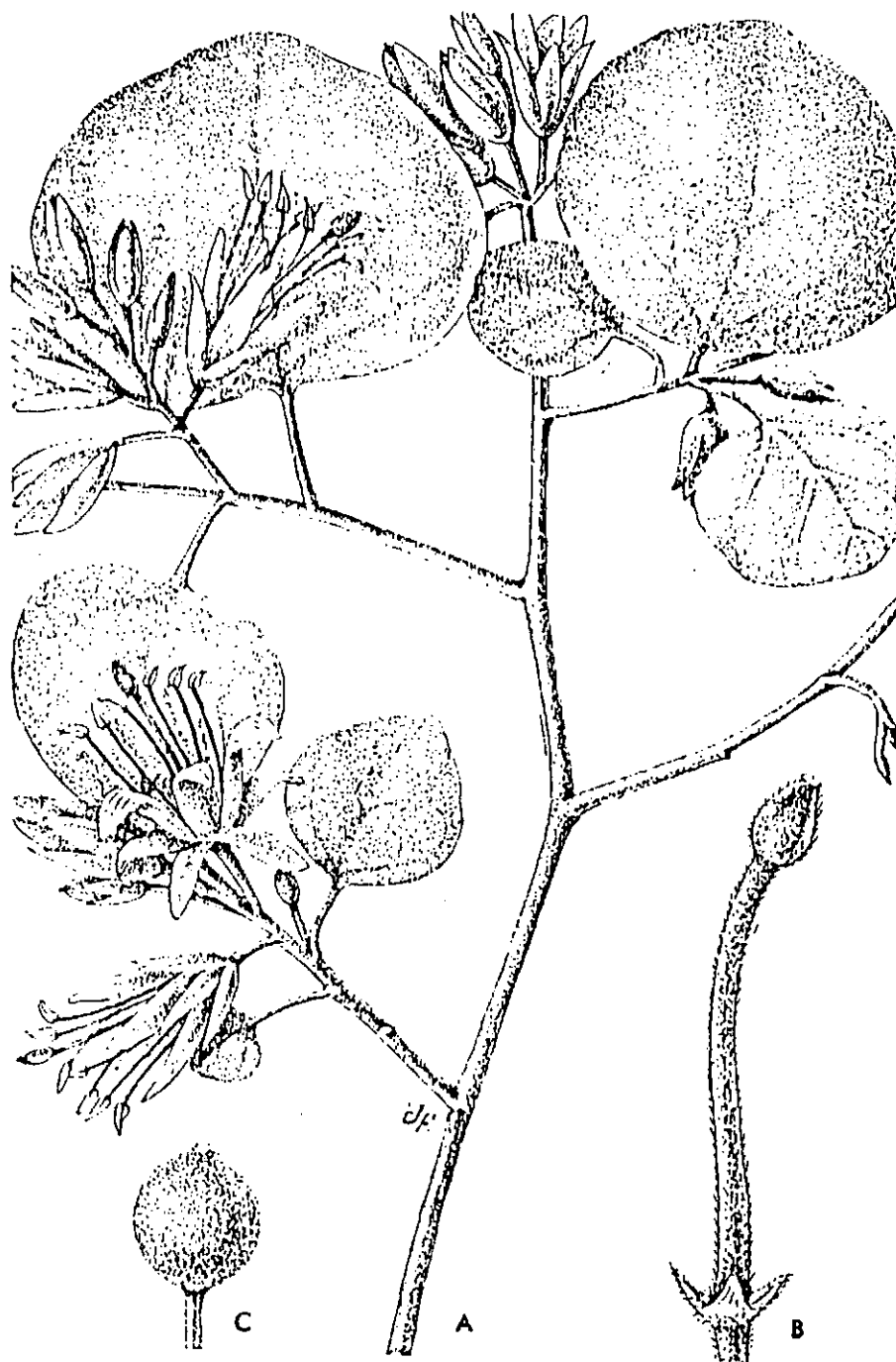
Peso específico : -

Veteado : escaso

Anillos : poco demarcados

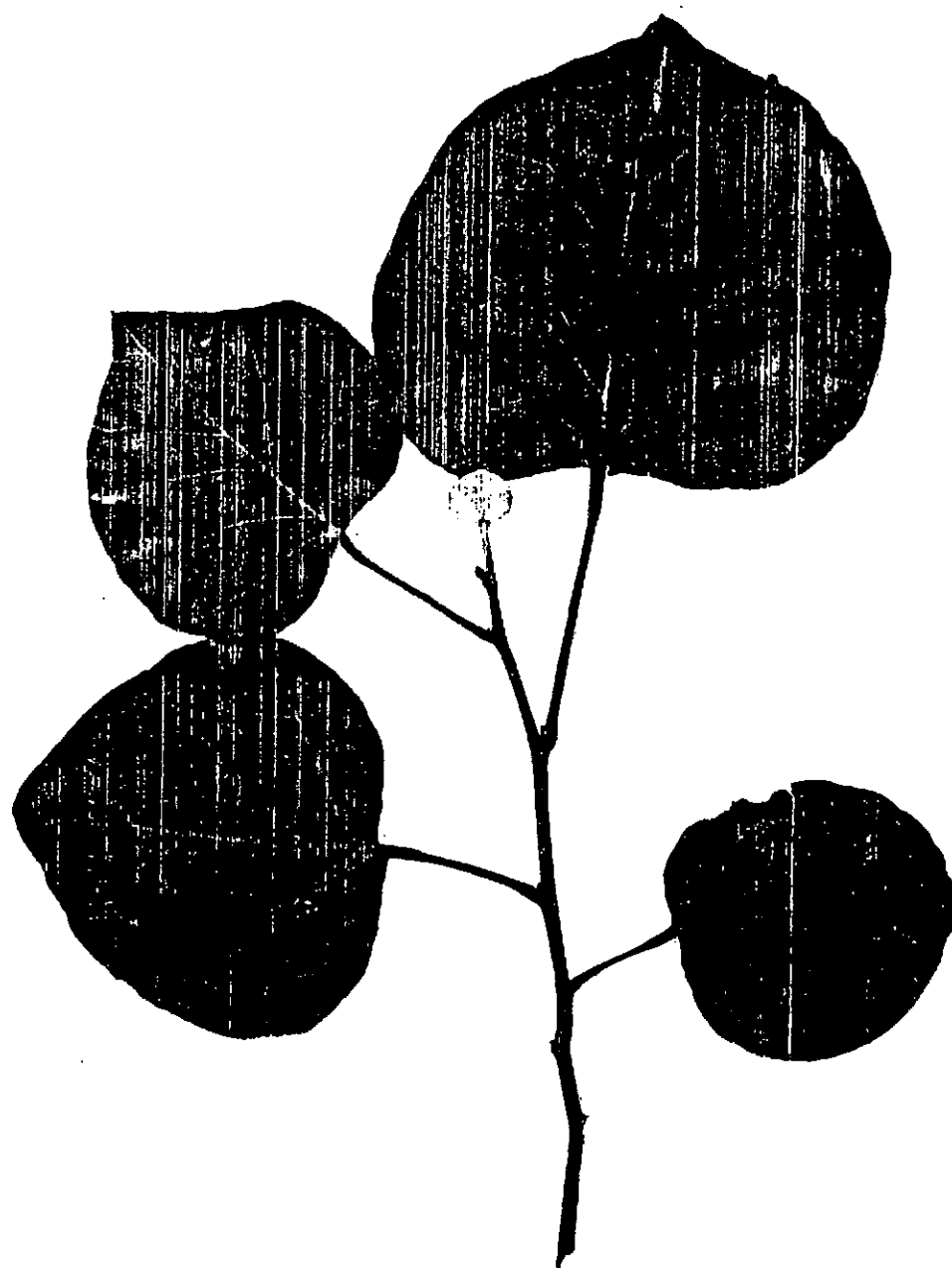
Observaciones :

CAPPARIS TWEEDIANA- Reproducción tomada de "Los árboles indígenas de la provincia de tucumán" de A. Digilio y P. Legname. 1966.



21. *Capparis tweediana* Eichl.: A, rama florífera x 1; B, globo x 3; C, fruto x 1. Dibujo J. Fernández.

CAPPARIS TWEEDIANA- Reproducción tomada de "Los árboles indígenas de la provincia de tucumán" de A. Digilio y P. Legname. 1966.



Ficha Técnica No. 22

Familia: CAPARIDACEAS

Nombre Científico : *Capparis retusa*. Griseb.

Nombre Vulgar : sachá poroto.

Porte : arbolito inerme, de copa irregular.

Fuste: muy corto, en general se ramifica tempranamente.

Magnitud : cuarta, sólo 6 metros.

Sistema de ramificaciones : simpódico

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitona

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza :

Tipo: lisa ,lenticelada ,dehiscente a nivel celular

Color : verde amarillenta

Consistencia : seca

Aspecto de la corteza en sección transversal : escasamente desarrollada la corteza muerta.

Diferencia corteza viva - muerta : por su color y textura

Exudados : -

Color : -

Hojas :

Simples ,alternas, elípticas , ápice en general obtuso..

Borde del limbo: liso

Fruto: cápsula moniliforme , con estrangulaciones .

Consistencia : coriacea

Madera : medianamente liviana y blanda.

Diferencia albura - duramen : -

Color : blanco amarillenta.

Peso específico : -

Veteado : suave

Anillos : escasamente marcados

Observaciones :-

CAPPARIS RETUSA. Reproducción tomada de "Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán" de A. Digilio y P. Legname. 1966



23. -- *Capparis retusa* Griseb.: A, rama florífera x 1; B, gineceo x 2; C, frut.
Dibujo J. Fernández.

Ficha Técnica No. 23

Familia: CAPARIDACEAS

Nombre Científico : **Capparis speciosa** Griseb.

Nombre Vulgar: sacha limón.

Porte: arbolito inerme ,copa irregular ,amplia ,con follaje de color verde intenso.

Fuste: corto de hasta 2 m , y diámetro DAP 30 cm.

Magnitud : cuarta, no más de 7 m.

Sistema de ramificaciones : simpódica

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitonas

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza:

Tipo: lisa, dehiscente a nivel celular, lenticelada.

Color: verde

Consistencia: seca-fibrosa

Aspecto de la corteza en sección transversal : se diferencian radios dilatados ampliamente.

Diferencia corteza viva - muerta : +

Exudados : -

Color : -

Hojas :

Simples, alternas, elípticas, glabra en ambas caras, ápice emarginado.

Borde del limbo : liso

Fruto : baya globosa pluriseminada.

Consistencia : carnosas.

Madera : semi-blanda y semiliviana.

Diferencia albura - duramen :-

Color : blanco amarillento

Peso específico : -

Veicado : suave

Anillos : poco marcados

Observaciones :

CAPPARIS SPECIOSA Reproducción tomada de "Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán" por A. Digilio y P. Legname. 1966.



22. -- *Capparis speciosa* Griseb.; A, rama florífera x 1; B, estambre x 2; C, pistilo x 3; D, fruto x 1; E, semilla x 2. Dibujó T. Ferrero.

Ficha Técnica No. 24

Familia: BOMBACACEAS

Nombre Científico : *Chorisia insignis* H.B.K.

Nombre Vulgar : palo borracho, yuchán.

Porte: copa irregular, globosa.

Fuste: muy característico por presentar abultamiento muy pronunciado en la parte media del mismo y con agujones. Puede llegar a tener DAP 1m de diámetro .

Magnitud : cuarta a tercera.

Sistema de ramificaciones : simpódico

Dirección de crecimiento de las ramas : anfitonas

Sucesión de las ramas en el eje madre : mesotonía

Corteza

Tipo: lisa, con agujones corticales cónicos, muy desarrollados. Cuando adulta la planta, la corteza se fisura y hay acumulación de peridermis.

Color : verdosa

Consistencia :

Aspecto de la corteza en sección transversal : muy desarrollada la corteza viva , poco la muerta.

Diferencia corteza viva - muerta : por color y estructura.

Exudados : -

Color : -

Hojas

Compuestas, alternas, palmadas ,en general con 5 folíolos (3-7).

Borde del limbo : aserrado

Fruto : capsula oblonga, dehiscente en 5 valvas.

Consistencia : leñosa

Madera : muy blanda y liviana

Diferencia albura - duramen : -

Color : blanco amarillenta

Peso específico :0,23 kg/dm³.

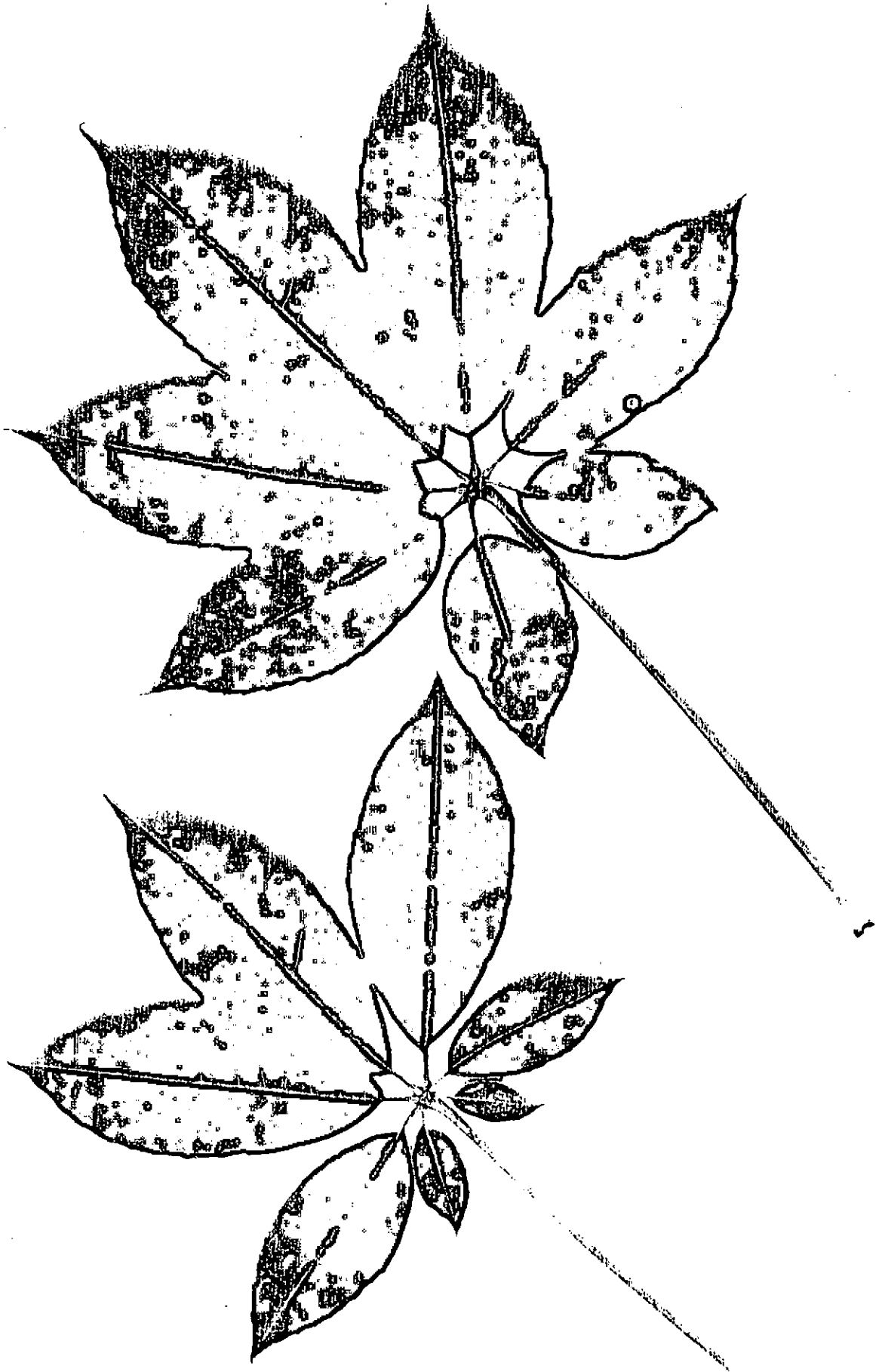
Veteado : producido por la textura gruesa y heterogénea.

Anillos :demarcado por una banda de tejido mecánico.

Observaciones : la floración es muy notoria, por la belleza de sus flores blancas.

CHORISIA INSIGNIS - Porte y caracteres morfológicos



CHORISIA INSIGNIS -Hojas

CLAVE DICOTOMICA PARA DIFERENCIACION DE ESPECIES

A- Hojas simples

B- Limbo de borde liso

C- Apice mucronado

D - Hoja elíptica, coriacea

E- Fruto cápsula elipsoidea, dehiscente en dos valvas

.....**ASPIDOSPERMA QUEBRACHO-BLANCO**

DD- Hoja no elíptica

E- Hoja romboidal con dos mucrones laterales más cortos que el terminal

.....**JODINA RHOMBIFOLIA**

CC- Apice sin mucrón .

D- Hojas dispuestas en fascículos.

E- Hojas elípticas ó espatuladas .

F- Ramas en cruz , fruto cápsula longitudinal bivalva.

.....**TABEBULA NODOSA**

DD- Hojas no dispuestas en fascículos.

E- Hojas deltoideas.

F- Fruto globoso**CAPPARIS TWEEDIANA**

EE- Hojas no deltoideas.

F- Hojas elípticas.

G-Apice generalmente obtuso, fruto moniliforme.

.....**CAPPARIS RETUSA**

GG- Apice generalmente emarginado, fruto drupáceo.

.....**CAPPARIS SPECIOSA**

BB- Limbo con borde no liso.

C- Borde aserrado sólo en la mitad superior de la hoja
fruto drupa**CELTIS TALA**

CC- Borde finamente aserrado en toda la hoja , nervadura campilódroma

.....**ZIZYPHUS MISTOL**

AA- Hojas compuestas.

B- Hojas pinadas.

C- Hojas pinadas de primer orden.

D- Hojas imparipinadas.

E- Hojas trifoliadas **ERYTHRINA CRISTA GALLI**

EE- Hojas no trifoliadas.

F- Hojas con foliolos de ápice emarginado.

G- Fruto drupa y exudados corticales rojizos.

..... **GEOFFROEA DECORTICANS**

FF- Hojas con foliolo de ápice agudo

G- Fruto sámara

H- Foliolos glabros , de 15-30

..... **SCHINOPSIS QUEBRACHO -COLORADO**

HH- Foliolos pubescentes , de 11-31

..... **SCHINOPSIS HAENKEANA**

CC- Hojas pinadas de segundo orden.

D- Especie áfila ó subáfila.

E- Hojas tempranamente caducas, ramas espiniscentes

..... **PROSOPIS KUNTZEI**

DD- Especies con follaje.

E- Con espinas.

F- Con espinas grandes (más de 3 cm de longitud)

G-Foliolos de 1-3 cm de ancho , una espina por nudo

..... **PROSOPIS RUSCIFOLIA**

GG- Foliolos de 0,3-1cm de ancho , dos espinas por nudo

..... **PROSOPIS VINALILLO**

FF-Con espinas pequeñas , menores de 3 cm.

G- Foliolos muy pequeños (1-3 mm de largo y 0.5-1mm de ancho)

H- Vaina gruesa y corta **ACACIA CAVEN**

HH- Vaina extrangulada **ACACIA AROMA**

GG- Foliolos más grandes (3-20 mm de largo)

H- Corteza verde lenticelada

I- Hojas cortas en fascículos , ramas en zigzag

..... **CERCIDIUM AUSTRALE**

HH-Sin corteza verde lenticelada

I-Foliolos de 7-20mm de largo -Vaina curva

..... **PROSOPIS ALBA**

II- Foliolos de 3-6mm de largo , vaina recta y torulosa **PROSOPIS**
NIGRA

EE- Sin espinas

F- Glándula en le raquis

G-Fruto vaina aplanada negra**ANADENANTHERA COLUBRINA**
VAR. CEBIL

FF- Sin glándula en el raquis

G- Corteza lisa con placas de color verde y violáceo

.....**CAESALPINIA PARAGUARIENSIS**

BIBLIOGRAFIA

- Dimitri, M. 1972. Enciclopedia Argentina de Agricultura Jardineria. Segunda Edición -Editorial Acme
- Giménez de Bolzon, A. 1991. Rasgos Estructurales Característicos del Xilema de Especies de la Región Chaqueña Seca. Proyecto CONICET-DFG, Alemania.
- Giménez de Bolzon, A. 1989. Caracterización Estructural de Cortezade Nativas del Chaco Seco. Proyecto CONICET-DFG.
- Gimenez de Bolzón y Moglia de Lugones. 1991. Determinación de Anillos de Crecimiento de Especies Nativas del Chaco Seco.
- Giménez de Bolzón y Abrahan de Noir. 1987. Notas Dendrológicas de la Región Chaqueña Serrana. Jornadas Técnicas sobre Bosques Degradados Misiones, Eldorado.
- Font Quer, P. 1953. Diccionario de Botánica. Editorial Labor.
- Hallé, Oldeman, Tomlinson. 1978. Tropical Trees and Forest Architectural Analysis -Ed. Springer -Verlag.
- Jimenez Saa, H. 1967. Los Arboles más Importantes de la Región de Upala. Costa Rica Manual de Reconocimiento a Campo. FAO.
- Legname, Pablo R 1982. Arboles Indigenas del Noroeste Argentino. Fundación Miguel Lillo
- Legname, P y Digiglio A. 1966. Arboles Indigenas de la Provincia de Tucumán. Opera Lillona XV.
- Leonardis, et al 1977. Libro del Arbol. Tomo II y II. Editorial Celulosa Argentina S.A.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Editorial Acme.