Sapindales
Zygophyllaceae
Bulnesia sarmientoi Lorentz ex Griseb.

Noms commerciaux:

Espagnol: Palo santo
Anglais: Holy wood
Français:
Portugais: Pau santo Vera. Verawood, lignum vitae
Paraguay lignum vitae
Argentine lignum vitae, guaiac.

Noms communs:

Paraguay et Argentine: palo santo
Argentine: ibocaí
Guaraní (Paraguay): "yvyrá ocái"
Bolivie: guayacán morado, guayacan, palo santo
Dialecte maskoy: meemong
Maká: ticiyuk
Nivaklé (Paraguay): jooc
Ayoreo: arai
Dialecte menno: palosaunda

Sous contrôle CITES: grumes, bois sciés, placages, contreplaqués, poudre et extraits.

Caractéristiques macroscopiques du bois

Organoleptiques
Aubier: blanc crème (Hue 2.5 Y Munsell 8/6)
Bois de cœur: brun-jaune à brun-vert avec des tonalités châtain clair; présentant, en coupe longitudinale, des veinures en forme de rayures. (Hue 7.5 GY Munsell 5/2 à 6/2)
Brillant ou lustre sans traitement superficiel: doux
Grain: entrelacé
Texture: fine et homogène
Veinure: rayures fines ou plumeuses
Porosité: dendritique ou flamiforme
Odeur: agréable et caractéristique
Durabilité naturelle: résistant aux attaques de champignons et d'insectes

Mécaniques
Flexion statique: module de rupture: 891 Kg/cm^2; module d'élasticité: 98.800Kg/cm^2
Compression axiale: module de rupture: 843 Kg/cm^2
Dureté Janka: perpendiculaire aux fibres: 14,48 unités

Bois très apprécié, très dur et lourd.
Principaux défauts du bois en grumes: côtes basales; déformation; pourriture; rainures ou vides; roulure; fentes; blessures dues au feu, galeries forées par des insectes, bois décoloré et entre-écorce.

Taux d'humidité	Densité (Kg/m³)	Poids par pied carré (Kg/pied carré)	Observations
Bois anhydre	1.090	2,57	Bois séché en étuve à 103±2°C jusqu'à atteindre un poids constant
Bois avec 10% d'humidité	1.120	2,64	Bois séché artificiellement
Bois avec 12% d'humidité	1.132	2,67	Bois séché artificiellement
Bois avec 15% d'humidité	1.150	2,71	Bois stocké à l'air libre
Bois avec 25% d'humidité	1.225	2,89	Bois séché à l'air
Bois vert	1.260	2,97	Bois dont l'humidité est équivalente à celle de l'arbre sur pied ou récemment coupé 30%
Bois saturé	1.330	3,13	Bois dont l'humidité est supérieure à celle du bois de l'arbre sur pied, ce qui peut être dû à l'immersion jusqu'à la capacité maximale d'absorption d'humidité définie par sa structure et sa densité (40%)

Source: INTI

Caractéristiques microscopiques du bois

Bois hautement complexe, avec stratification complète et porosité diffuse non uniforme de structure dendritique. Parenchyme axial en bandes marginales fines, rayons médullaires homogènes, avec stratification complète. Les cellules du parenchyme axial sont fusiformes. Parenchyme apotrachéal diffus et parenchyme paratrachéal rare, vasocentrique et confluent. Vaisseaux petits à moyens, modérément nombreux à très nombreux. Disposés en chaînes obliques ou radiales (chaînes radiales multiples, courtes de 2 à 3 vaisseaux). Les vaisseaux conservent leur forme malgré le regroupement et s'entremêlent avec des trachéides vasocentriques. Le diamètre tangentiel des vaisseaux est, en moyenne de 52,30 µm (entre 40 et 70), soit de taille petite à moyenne. Le nombre moyen de vaisseaux/mm^2 est de 57,33 (entre 38 et 90). Les éléments vasculaires sont courts: 98µm (entre 75 et 130). Les plaques de perforation sont simples, avec des ponctuations intervasculaires alternées, hexagonales et petites, de diamètre moyen de 4–6 µm. Les ponctuations radiovasculaires aréolées démarquées sont semblables aux ponctuations intervasculaires, de taille et de type uniforme, du même type en éléments adjacents, localisées à travers tout le rayon. Les vaisseaux du bois de cœur sont obstrués par des substances organiques de couleur brun-vert, solubles dans l'eau. L'indice de vulnérabilité est de 0,91 et le mésomorphisme est de 0,0093. L'indice F/V (longueur de la fibre/longueur des vaisseaux) est de 7,857. Les rayons ligneux sont homogènes, type 1 de Kribs, avec toutes les cellules couchées, très nombreux (entre 14 et18 par mm), bisériés (66%), unisériés (20,5%) et rarement trisériés (13,5%), courts, d'une hauteur moyenne de 70,8 µm. Les anneaux de croissance, au niveau microscopique, sont petits, avec une épaisseur moyenne de 2,077 mm (entre 1,18 et 3,27). L'anneau se caractérise par des vaisseaux disposés en structure ramifiée diagonale formant différents tronçons séparés par des zones non vascularisées. Cette disposition en diagonale a à voir avec des vaisseaux qui semblent redondants mais qui assurent la conduction de l'eau par la présence aussi bien de trachéides vasocentriques que de vaisseaux très minces, mélangés aux vaisseaux plus larges. En général, les bandes de vaisseaux se touchent et de ce fait, renforcent les possibilités de conduction. (Source: Spagarino, Gimenez; 2007).

Caractéristiques de l'arbre

Arbre inerme pouvant atteindre 20 mètres de haut et 0,80 mètre de diamètre du tronc; fût droit et relativement court (3 à 4 m de long).

Ecorce brun-gris, peu épaisse, avec des fissures peu profondes et de petites plaques irrégulières.

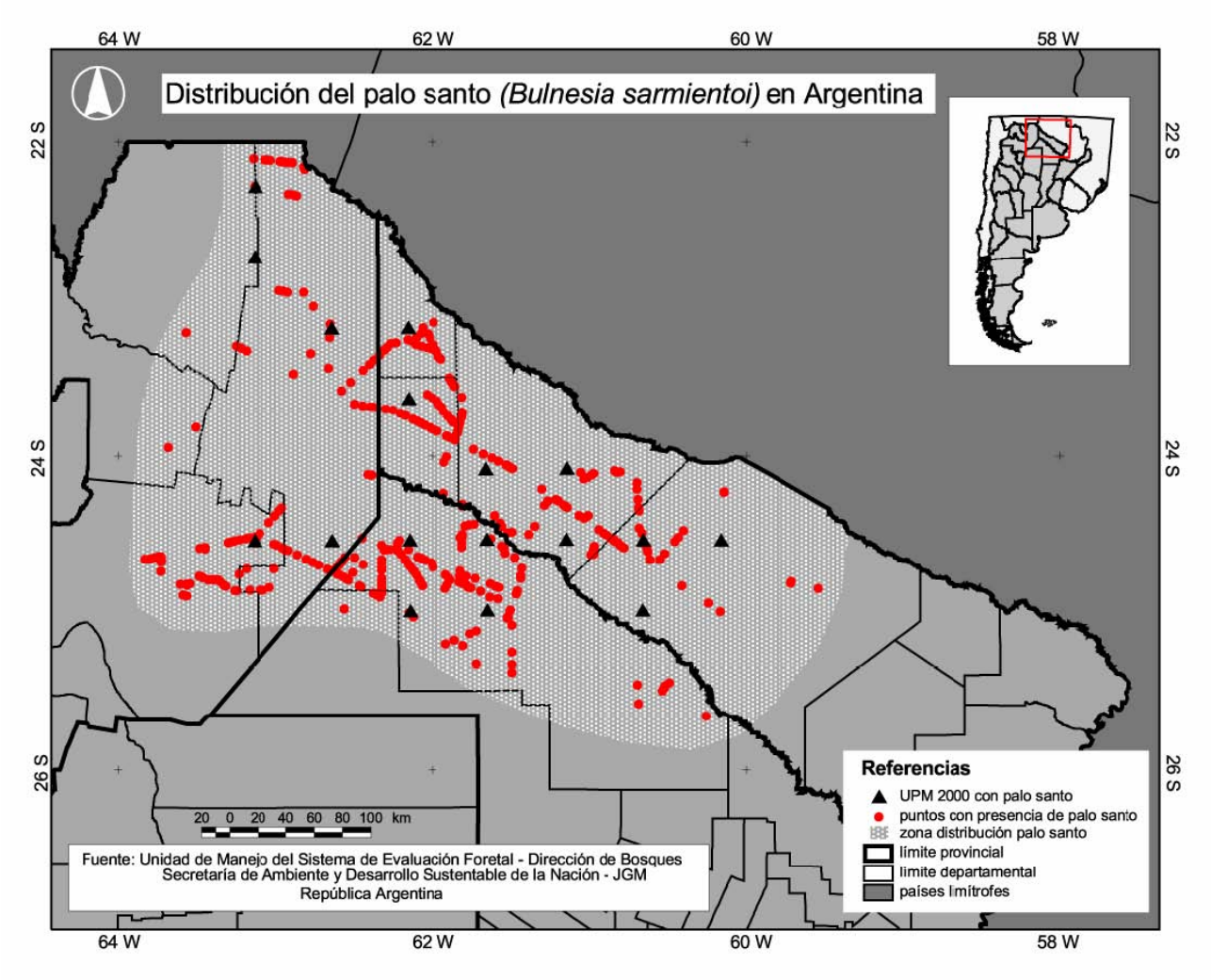
Feuilles petites et bifoliolées, beaucoup de branches et des fruits en forme de capsules orbiculaires à trois ailes, de couleur vert foncé.

Fleurs hermaphrodites blanc crème, réunies en inflorescences d'une à deux fleurs.

Entre les fibres se trouvent des cellules cristallifères contenant de l'oxalate de calcium et des résines abondantes de couleur brun foncé qui lui confèrent une capacité de résistance à l'attaque de champignons et d'insectes ainsi qu'une durabilité extraordinaire.

Espèce à croissance lente. Héliophile, mesoxérophile et de grande longévité.

Aire de répartition
Argentine: dans différents milieux à l'ouest de Formosa et du Chaco et à l'est de Salta. On trouve ces arbres en deux types d'unités physionomiques: matorral ou forêt basse sur paléochenaux et dans une mosaïque de paysages sur des plaines alluviales de petits cours d'eau.
Aire de répartition dans les pays limitrophes:
-Bolivie: sud-est (départements de Santa Cruz, Tarija et le sud de Chuquisaca)
-Brésil: sud-ouest (signalements isolés dans l'Etat de Mato Grosso do Sul).
-Paraguay: ouest (départements d'Alto Paraguay, Boquerón et Presidente Hayes).



Caractéristiques du commerce
Grande importance au niveau international. Le commerce porte surtout sur les grumes, les bois sciés, les huiles et les extraits. Une autre espèce est commercialisée sous le même nom: *Bursera graveolens* de la famille des Burseraceae, originaire de la forêt tropicale sèche du littoral pacifique d'Amérique du Sud.

Utilisation
C'est une espèce très appréciée pour ses multiples utilisations. A l'extérieur, on l'utilise pour les travaux de tournage, la sculpture, les planchers, les encadrements, les poteaux de longue durée et les constructions enfouies dans la terre. Sa résistance exceptionnelle à l'usure la rend apte à des utilisations exigeant un grand effort de friction comme pour les paliers d'arbre porte-hélice des navires.
Le bois sert à fabriquer des objets d'artisanat et de nombreux ustensiles: tuyaux, mortiers et haches. Aujourd'hui, le bois est très utilisé dans les œuvres d'art et l'artisanat de qualité. On en fait aussi des instruments de musique, des meubles de luxe et autres œuvres qui nécessitent un excellent fini et une bonne durabilité.

Extraits et dérivés
L'huile essentielle de *B. sarmientoi* est extraite des glandes à huile de la plante.
Le processus d'extraction qui permet d'obtenir l'huile essentielle se nomme "extraction par entraînement à la

vapeur" ou hydrodistillation. Il s'agit de faire passer de la vapeur d'eau dans la sciure pour que les glandes à huile s'ouvrent et que leur contenu (l'huile essentielle) s'évapore et se mélange avec la vapeur d'eau; à l'aide d'un système réfrigérant on condense les vapeurs pour que l'huile essentielle et l'eau, dont la densité est différente, se séparent naturellement.
Ce type de distillation ne fait appel à aucun solvant chimique: en d'autres termes, l'huile essentielle du *B. sarmientoi* est 100% naturelle.
En distillant le bois de *B. sarmientoi* avec la méthode d'entrainement à la vapeur on obtient une huile essentielle de couleur jaune d'or dont l'arôme est intense.

Composition chimique de l'huile essentielle de *B. sarmientoi*

Analyse par GC-MS:	
α-pinène	0,70-0,66
Limonène	62,88-34,16
Menthofuran	0,70-6,07
Terminène-4-ol	0,60-0,54
α-terpinéol	23,53-19,67
Carvone	3,68-4,05
Sesquiterpène	3,95-25,53
Acide acétique V.O.	0,1360
Acide guaïarétique CR	0,007
Caractéristiques:	
Point d'ébullition	40-50 °C
Gravité spécifique	0,960-0,980
Rotation optique	-3 à -12°
Indice de réfraction	1,502-1,507
Soluble dans l'alcool 70°	
Insoluble dans l'eau	
Point de fusion	200°C

L'huile essentielle de *B. sarmientoi*, connue sous le nom de "guayacol", "guajol" ou "guayaco" est très utilisée en parfumerie pour son odeur douce et agréable, semblable à celle de la rose ou de la violette.
Elle est source de produits biochimiques : produits insectifuges et médicinaux, plante mellifère, propriétés tinctoriales. Elle sert aussi à fabriquer des vernis et des peintures sombres.

Espèces semblables
Le genre comprend neuf espèces réparties en deux sous-genres: *Gonopterodendron* et *Bulnesia*. *Bulnesia (Gonopterodendron) arborea; Bulnesia (Gonopterodendron) carrapo; Bulnesia (Bulnesia) chilensis ; Bulnesia rivasmartinezii; Bulnesia (Bulnesia) schickendantzii; Bulnesia (Gonopterodendron) bonariensis; Bulnesia (Bulnesia) foliosa; Bulnesia (Bulnesia) retama; Bulnesia (Gonopterodendron) sarmientoi*. Les cinq dernières espèces sont natives d'Argentine.

On connaît des bois semblables en Amérique centrale, par exemple *Guaiacum* sp. dont l'aire de répartition est également limitée. Comme *B. sarmientoi*, il appartient à la famille des Zygophyllaceae, on utilise son huile et il partage les noms communs de "palo santo" et "guayacán" ainsi que certains noms commerciaux comme "ligum vitae" et "guaiac". Cette situation, ajoutée à la difficulté de les différencier lors des contrôles douaniers conduit à considérer les espèces du genre *Guaiacum* mais aussi *Tabebuia* (ipe) comme des "espèces semblables".

Coupes microscopiques:

Fig. 1.-Bois à la porosité diffuse non uniforme, avec structure dendritique.
Fig. 2.-Vaisseaux disposés en chaînes obliques ou radiales
Fig. 3- Vaisseaux court
Fig. 4.-Vaisseau à ponctuations intervasculaires alternées, hexagonales
Fig. 5.-Trachéides vasculaires.
Fig. 6.- Trachéides vasculaires avec appendices

Note: sur l'image, la ligne noire correspond à 100 u.

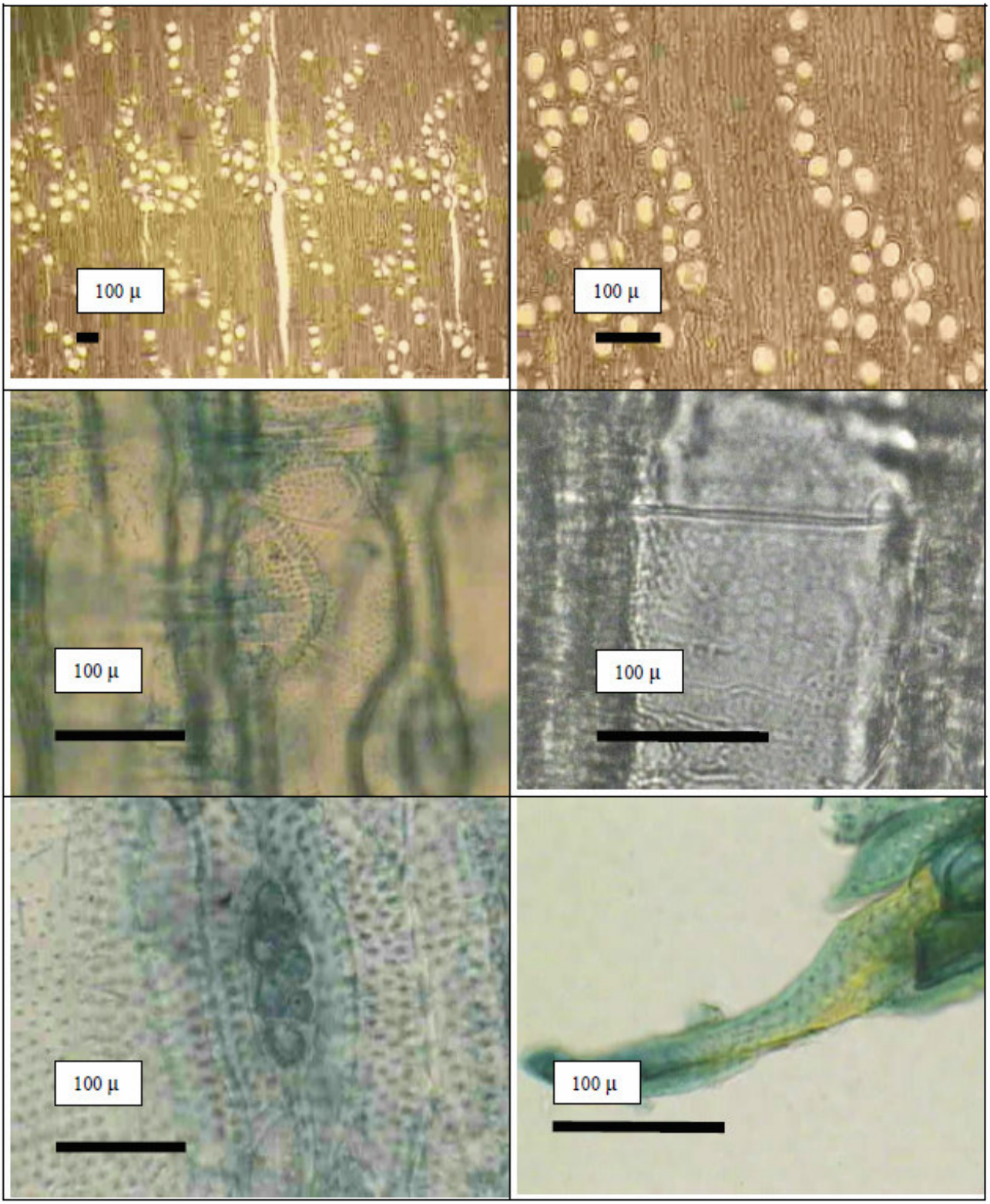


Fig. 7.- Rayons médullaires courts, unisériés et bisériés
Fig. 8.-Bois à stratification complète
Fig. 9.-Fibres à parois très épaisses
Fig. 10-Cellules cristallifères cloisonnées du parenchyme axial, avec un cristal par chambre

Note: sur l'image, la ligne noire correspond à 100 u.

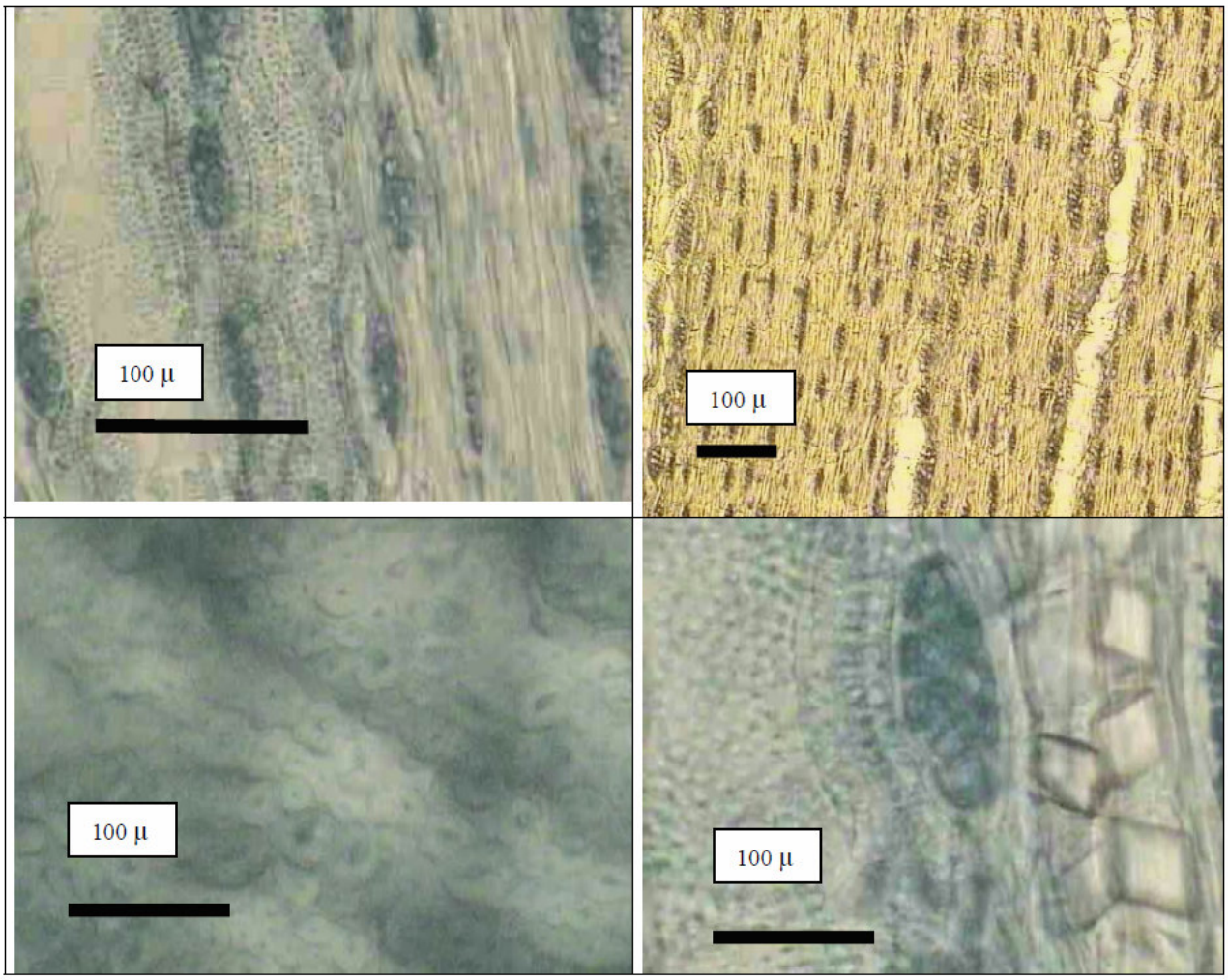


Fig. 11-Début de l'anneau de croissance

Fig. 12-Détail de la fréquence des vaisseaux dans l'anneau.

Note: sur l'image, la ligne noire correspond à 100 u.

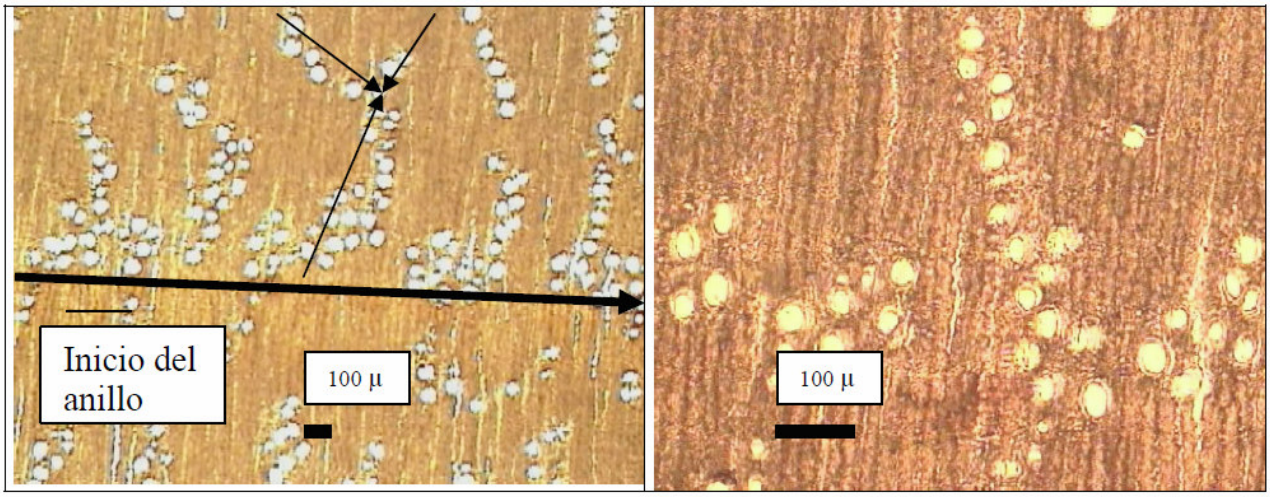


Fig.13. a-Limite de l'anneau en section radiale

b-Vue de la veine à l'aspect de rayure.

c- Limite de l'anneau en section transversale.

Source: Giménez, A. M.; Hernández, P.; Gerez, R.; Spagarino, C.-Anatomie du bois et des anneaux de croissance du "Palo Santo" (Bulnesia sarmientoi Lorenz ex. Grises Zygophyllaceae)

Photographies: Lic. Luis Arenas

Bibliographie:

ANATOMÍA DE LEÑO Y ANILLOS DE CRECIMIENTO DE PALO SANTO (BULNESIA SARMIENTOI LORENZ EX. GRISEB, ZYGOPHYLLACEAE) -Giménez, A. M.; P. Hernández; R. Gerez y C. Spagarino -Revista Quebracho 14 (23-37). 2007. ISSN: 0328-0543.

CALIDAD DE MADERA Y POTENCIALIDAD DE CRECIMIENTO DE PALO SANTO (BULNESIA SARMIENTOI LORENTZ EX GRISEB.) -Giménez, A; Hernández, P.; Spagarino, C.; Moglia, J.G.; Ríos, N.A.-YVYRARETA, Revista de Difusión Científica y Tecnológica de la Facultad de Ciencias Forestales -Universidad Nacional de Misiones ISSN: 0328-8854. Año 14, N: 15. 13 pag.55-60.

Maderas argentinas : estudio xilológico y tecnológico de las principales especies arbóreas del país. -Tortorelli, Lucas

A. -Publicación Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía y Veterinaria, 1940 -Descrip. física xiv, 218 p. : láms., mapas

SEMINARIO FINAL: Inclusión de la especie Palo santo (Bulnesia sarmientoi) en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Autor: LUIS ARENAS

BASE DE DATOS DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERERROS (BDPFNM).) Programa Nacional Productos Forestales No Madereros, Dirección de Bosques (DB), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Argentina.

UNIDAD DE MANEJO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN FORESTAL (UMSEF) (2008). Dirección de Bosques (DB), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Argentina.