

C. H. TOBAR Y BORGONO

# X EL EUCALIPTUS,

## MADERA DE CONSTRUCCION EN EL ECUADOR

(Monografía presentada para optar el grado  
de Doctor en Ciencias)



La madera, como es sabido, proviene del tallo de los vegetales arborescentes, y en su grande mayoría y salvo contadas excepciones, de los vegetales arborescentes dicotilidóneos.

Es, a este respecto, menester recordar la estructura del tallo de una planta dicotilidónea: si tomamos un tallo primario, esto es que tenga no más de dos años, hallamos, en primer lugar, la *epidermis*, que envuelve todo el cuerpo, formada por células blandas; luego la corteza, que consta de tres partes, *tejido cortical externo*, *cortical interno* y *endoderma*. Viene, en seguida, el cilindro central, compuesto de periciclo (células que se transforman en fibras, aplicándose a la parte externa de los haces leñosos,) *haces libero-leñosos*, *radios medulares*, *zona perimedular*, y, en fin, la *médula*.

En el tallo secundario, elementos compuestos de células de grande vitalidad, que separan la parte liberiana

de la leñosa, forman alrededor de los haces libero-leñosos, engendrando capas de células nuevas, la generatriz interna o *cambium* y la generatriz externa que forma el *feloderma*, capas que se agregan al tallo, en períodos que coinciden con los vegetativos, que son por lo común de un año.

En resumen, el cuerpo de un tallo secundario, se compone de epidermis, tejido cortical primario, corcho, capa subero-felodérmica, feloderma, endoderma, periciclo, liber, cambium, leño, zona perimedular y médula. (1)

A nosotros, aquí, lo único que nos interesa es la parte interior del tallo, que es lo que se utiliza como madera de construcción; es decir, que en este breve ensayo, haré caso omiso de la corteza, la que carece de importancia para nuestro estudio.

Las formaciones secundarias de las zonas generatrices van aumentando el cuerpo y formando el leño, el que se ensancha en círculos, encerrando, los nuevos, las capas anteriores o más viejas, que se ven apretadas, por decirlo así, por esos nuevos anillos, creciendo su densidad, compactándose y endureciéndose. La parte más blanda y menos densa, clara y más joven, se llama *albura*, recibiendo la otra la denominación de madera propiamente tal.

Esto expuesto, es indudable que cuanto más homogéneo sea un madero, el cálculo de su resistencia será más exacto, y que cuanto más madera se aproveche relativamente a la albura, sus condiciones estáticas serán mejores.

## II

El eucaliptus que en el Ecuador se usa en la construcción es el *globulus*, que como las variedades de la misma especie, pertenecen a la familia de las *Mirtáceas*, tribu de las *leptospermeas*.

Originario de Australia, fue importado al Ecuador en la época del Presidente García Moreno.

---

(1) *Odón de Buen*, Nuevo Resumen de Botánica General.

Su rápido desarrollo y sus cualidades para tender raíces y para crecer en los terrenos más estériles, unidos a la escasez que ya se dejaba sentir en nuestra serranía de maderas de construcción, originada en la inconsulta e insensata destrucción de los bosques naturales, han hecho que el eucaliptus se propague en notable número, llegando a formar bosques artificiales de grandes extensiones.

De todas las variedades de esta magnífica planta, el *globulus*, como he dicho, es la más propagada en el Ecuador y la sola que se usa como material de construcción.

De los otros eucaliptus, el *amygdalina*, que es el más alto de los árboles que se conocen, como que hasta excede al *Sequoia-gigantea* de California, no ha venido al Ecuador, o si ha venido no hay duda que ha degenera o hasta el punto de desaparecer.

El *E. rostrata*, el *resinifera*, el *mannifera*, el *viminialis*, el *piperita*, el *sytriodora*, tienen ejemplares en el Ecuador, pero ni su madera se usa en la construcción ni su propagación ha sido grande. Es, pues, el *eucaliptus globulus* el único al cual se referirá mi estudio.

Esta variedad tiene la particularidad de que sus hojas, de un verde azulado, glaucas, hasta los tres o cinco años, son globuladas, anchas, finas y recubiertas de un polvillo gris, después de cuya edad se vuelven coriáceas y lanceoladas.

### III

El valor de un madero, como material de construcción, depende, como es fácil comprenderlo, del árbol a que perteneció; hay especies cuya madera no sirve en absoluto para la construcción, en tanto que hay otras que son excelentes o medianas; esto todo el mundo lo sabe y lo comprende, y no hay para qué insistir al respecto.

Pero bien, dentro de la misma especie y variedad, las cualidades de la madera para dicho objeto difieren de un ejemplar a otro, aunque todos los ejemplares entren

dentro de un marco más o menos amplio o más o menos estrecho; y es que una infinidad de elementos interviene en la constitución de las diversas capas concéntricas que forman el tronco, y es que una infinidad de circunstancias influyen en el desarrollo del árbol. Es por esto, que no creo que lo que se halla escrito en los libros respecto del eucaliptus australiano, en cuanto a características de resistencia a los esfuerzos de compresión, tensión o torsión y que lo que ahí se diga acerca de su elasticidad, etc., pueda a ojos cerrados, aplicarse al nuestro.

El eucaliptus ecuatoriano tiene las características generales del australiano y de cualquier otro del mundo, pero esas características reciben modificaciones accidentales provenientes de las condiciones de nuestro suelo y de nuestro clima.

Las características generales, en lo que respecta al tronco, pueden resumirse en las siguientes: el examen de una sección transversal me ha mostrado que está formado de filas radiales de células de la misma naturaleza y aproximativamente del mismo grosor cuando se hallan a la misma distancia del borde de un círculo de crecimiento. De trecho en trecho las células se alargan radialmente, formando radios medulares. La resina se contiene en grupos de células fáciles de distinguir con un lente poderoso. Como en todo tronco, el conjunto ha de hallarse unido por la materia intercelular o conjuntivitis.

Las fibras se alargan paralelamente al eje del tallo, siendo su sección transversal por lo común rectangular, con ángulos redondeados hasta el punto que cabe duda sean poligonales en hexágonos u octógonos. En cuanto a las areolas, desgraciadamente no he podido contar con aparatos suficientemente perfectos para conocer su forma.

Un hecho digno de ser anotado es, en todo caso, la longitud de las fibras, condición que hace muy adecuada esta madera para ciertos empleos especiales en la construcción, facilitando la resistencia a los esfuerzos de compresión debidos a fuerzas paralelas a la médula.

El grosor de las fibras es menor que en el pino, sin que puedan tampoco éstas calificarse de finas; razón por la cual es madera poco apta para el cepillado y pulido, tal como se necesita en la ebanistería.

Lo que he podido notar en casi todos los ejemplares que han servido para mi estudio es la desigualdad en las capas de crecimiento, sin poder distinguirse en ocasiones el límite de la que proviene de la capa generatriz externa y de la que viene del *cambium*; en otros términos, hay confusión entre los crecimientos que se llaman de primavera y de otoño. ¿Obedece esto a condiciones de la especie o a condiciones de clima? Me inclino a lo segundo; pues sabido es que hay especies cuyo procedimiento de ensanchamiento difiere completamente según las condiciones en que éste se produce; conocido es que el álamo que crece en los Alpes se ensancha casi exclusivamente al crecimiento del otoño, en tanto que el de las planicies lo debe en especial al crecimiento de primavera.

Además, las capas son completamente desiguales y forman cilindros, aplicados los unos sobre los otros, paralelamente al eje de crecimiento de series de fibras (*traqueidas*) cuya resistencia es de creer aumente en proporción a su espesor, yendo del interior al exterior, y de esto he deducido la falta de homogeneidad del material, que dificultará su cálculo; pero también he tenido que concluir que nuestro eucaliptus puede gozar de las cualidades de ciertas maderas resinosas, tales como la del pino, cuya característica de flexibilidad, al propio tiempo que de rigidez, se aprovecha a diario en la construcción. Desgraciadamente, tratándose del eucaliptus, parece que las diferencias anotadas se producen muy bruscamente, a lo que hay que atribuir en parte su tendencia al rajamiento; pues al desaparecer la savia y la goma mediante el corte y la disecación del tronco, se origina una contracción en los círculos, y, como consecuencia, la ruptura de las capas demasiado delgadas, de fibras. Quizás, como luego lo veremos, ésta no sea la sólo causa de las grietas del eucaliptus, pero probablemente es de las principales.

El conjunto de los círculos concéntricos se halla atravesado por los radios medulares, de resistencia diversa, por lo que han de contribuir seguramente a las rajaduras, al producirse un frotamiento de las células del cuerpo contra la superficie rugosa de dichos radios medulares, los que, desde luego, son menos aparentes y menos numerosos que en otras maderas.

En algunos ejemplares viejos se nota una saliente de algunos de los radios sobre los costados de la sección transversal. Ese ensanchamiento, notable a la simple vista, muy irregular, es de suponer, por lo mismo, se halle formado por células irregulares. Ahí se notan los depósitos de la goma coloreada, la que estalla hacia la periferia separando el radio del cuerpo del tejido hasta salir en lágrima a la corteza.

Más aún, se puede notar, a veces, que esos canales, por la fuerza de expansión de la goma, se desgastan y hasta se separan por trozos del tejido vecino, siendo sus partículas arrastradas por la resina, en la cual se incrustan.

Este fenómeno es también preciso tomarse en cuenta, puesto que si las células de los radios medulares constituyen ya una parte débil del tejido, en el cual por ello mismo es fácil se produzcan grietas y desgarrones, en razón de las fuerzas exteriores, estos vacíos debidos a las irregularidades, hinchazones y contracciones de las células medulares y su imbibición y disgregación originada por la goma, aumentan la heterogeneidad del material y por consiguiente su debilitamiento.

Los radios medulares desempeñan, pues, un papel importante en la resistencia del material: forman como clavijas radiales al eje, que sirven para sostener los tejidos, de acuerdo con el eje o en combinación con él.

Si, como he hecho notar, son una de las causas del agrietamiento del madero por la diversa resistencia que oponen a la contracción por el disecamamiento, en cambio si se logra que éste se efectúe lentamente o en circunstancias favorables, favorecen esa contracción lenta, puesto que es un hecho comprobado el que este fenómeno es

siempre inferior al que se produce en el material circundante.

En cuanto a la médula, como en todo árbol, la del eucaliptus es relativamente suave, compuesta de células que al lente parecen redondeadas; como en la mayor parte de los vegetales sólo se nota en el primer crecimiento (tallos primarios), por esto no tiene mayor importancia para este estudio y pasamos por alto. Sólo diré que siendo un tejido tan poco consistente y existiendo poros y espacios entre las células, al secarse el madero, su contracción es mayor, desgarrándose, por decirlo así, de la materia que lo circunda y produciendo grietas radiales, siguiendo los radios medulares, según tengo ya explicado.

Sería, por esto, de aconsejar que en cuanto se eche al suelo un árbol se le separe lo que le queda de médula o que al menos se la divida, a fin de evitar las grietas centrales; de este modo la contracción circunferencial puede hacerse libremente, sin hallarse tirada, como si dijésemos, por la contracción de la médula. Es esto lo que ya hacen nuestros carpinteros y leñadores, aunque sin darse cuenta del por qué: cuando abaten un eucaliptus, en especial si es de años, lo asierran a la posible brevedad y con ello la experiencia les indicá que se agrieta menos la madera.

#### IV

Una de las observaciones hechas, antes de ahora, con justicia, es la de que los coeficientes de resistencia de la madera difieren no sólo de especie a especie, sino dentro de la misma especie de lugar a lugar en donde el árbol se crió: la provenencia de la madera, la naturaleza del suelo que la ha nutrido, el clima, deben necesariamente influir en las condiciones de vitalidad de la planta, como influyen en las condiciones de vida de los animales.

Un suelo húmedo, aunque fértil, tiene necesariamente que dar una savia diluída y, por lo mismo, pobre e incapaz de producir materias leñosas. El simple as-

pecto del árbol basta para comprobar esta afirmación: cada capa de crecimiento tiene más vasos que fibras

Para constatar este fenómeno en nuestro eucaliptus, me ha sido suficiente tomar dos viguetas provenientes del mismo bosque, cuyas plantas tenían de cuatro a cinco años; una de esas viguetas fue cortada de un arbolito situado al borde del bosque, en donde el terreno era seco y alto, mientras que la otra venía del centro del mismo, cuyo terreno era bajo y húmedo.

Perfectamente bien calibrados los dos trozos, en sección cuadrangular de  $0,05 \times 0,05$ , fueron colocados sobre apoyos distantes 1,50 mts. el uno del otro.

Habiendo cargado cada vigueta, en su mitad, con un peso de 150 kilogramos, la una, la proveniente del terreno seco, acusó un flecha de 0,038, en tanto que la segunda padeció una flexión de 0,042. Examinadas prolijamente las dos piezas no fue posible hallar otra causa a esta diferencia que la naturaleza del suelo en donde la una y la otra planta se habían criado.

Esta sospecha me indujo a examinar detenidamente la sección de los dos tallos y noté que mientras el tallo proveniente del sitio húmedo era mayor de tres centímetros en la base al criado en sitio seco, en cambio, aquél tenía las células del feloderma más desarrolladas que las del cambium, ocurriendo lo contrario en el arbusto nacido y criado en el linde del bosque, esto es, en sitio seco.

Es claro que esta observación podía también manifestar que se desarrolla mejor el árbol que goza de más luz, que aquél que la tiene menos, o todavía que el terreno al linde era más rico que en el centro del bosque; pero, entonces, ¿por qué el arbolito del centro era más grueso que el del linde?

Para salir de dudas a este respecto busqué árboles que se hallasen en idénticas condiciones, excepto en lo que concierne a la naturaleza más o menos húmeda del suelo: dos árboles sembrados al borde de una dehesa, contiguos a una tapia de división de la misma, me dieron los datos que necesitaba: los árboles, me aseguró quien los había sembrado, eran coetáneos, y así debía



ser, en efecto, pues pertenecían a una hilera continua de cuarenta o más plantas. El uno se hallaba en la región alta de la dehesa, la que ofreciendo un plano inclinado no recibía absolutamente riego en esa parte, el canal de irrigación quedando más bajo del nivel que el asiento del árbol, el cual se hallaba a treinta metros de distancia; en cambio, la segunda planta sembrada en la parte baja, recibía las aguas de regadío, hallándose además a dos metros de un canal. De los dos árboles, el segundo era más grueso y más alto que el primero.

Echados a tierra resultó que el uno, a un metro de altura, tenía un diámetro de 0,294, en tanto que el otro apenas alcanzaba en el mismo sitio, 0,213.

Sometidos a fuerzas normales a la dirección del largo de las vigas, el más grueso acusó una flecha de 0,012, con un peso de 800 kilogramos en su mitad, en tanto que el más delgado no cedió sino de 0,008 al mismo peso.

Un tercer experimento, con ramas de árboles provenientes de sitios relativamente distantes, Guápulo húmedo y Yaruquí seco, después de cortadas y calibradas idénticamente y sometidas a pesos normales al eje longitudinal, dieron por resultado que la rama proveniente del lugar seco soportó un peso mayor en 8,5% a aquel bajo cuya acción se rompió la rama originaria de Guápulo.

Ahora bien, como el espesor de las capas de aumento en el terreno húmedo es mayor que en el seco, en tanto que en éste la capa fibrosa periódica interna si bien que menor es más rica, más apretada y más firme, puede sentarse como conclusión, al menos aproximada, que si en un árbol criado en terreno húmedo hay mayor grosor, en cambio sus condiciones mecánicas de resistencia en el uno y en el otro son poco más o menos las mismas, compensando la condición del material con la cantidad.

He aquí, pues, un punto digno de tomarse en cuenta por el constructor: generalmente nos contentamos con elegir tal o cual especie de árbol para aprovechar su madera y no prestamos atención a su proveniencia: un

eucaliptus de lugar seco será siempre preferible en la construcción a uno de sitio húmedo, puesto que con iguales secciones podemos demandar a aquel mayor esfuerzo que al segundo.

Esto no es otra cosa que la antigua distinción entre maderas flacas y gruesas, provenientes de la misma especie: las maderas flacas, que tienen el grano más fino y cerrado, provienen de suelos secos; en tanto que las maderas de grano grueso, fofas y menos densas, rinden una resistencia menor.

Estas observaciones nos permiten establecer que un suelo húmedo, no obstante ser fértil, proporcionando una savia diluída, cada capa de crecimiento es pobre en materia leñosa y rica en vasos; da maderas grasas.

Un suelo fértil, moderadamente húmedo, da una vegetación activa, la capa de crecimiento será relativamente espesa y fibrosa; producirá una madera flaca, o, como la llamaban los antiguos, nerviosa.

Un suelo seco, da una savia concentrada y rica en materias nutritivas, pero poco abundante; la capa de aumento periódico será así fibrosa, poco espesa, produciéndose una madera fibrosa, apretada, pero poco precoz.

El clima debe necesariamente influir en la condición de la madera; en las regiones calientes el desarrollo es más rápido, pero, en cambio, la contextura es menos rica en fibras; en las regiones frías, por el contrario, ocurre la inversa, el crecimiento es más lento, es decir que las capas son menos espesas; pero, en cambio, la madera es más fuerte, más apretada, más fibrosa y más rica para la construcción.

El eucaliptus, por lo demás, se ha observado en nuestro país, desmejora en las tierras muy calientes y bajas; siendo su mejor medio el clima templado de los valles serraniegos.

✓

Los vicios y taras de la madera obedecen a dos causas: o provienen de los árboles antes de ser abatidos o de causas posteriores a esta operación.

No teniendo entre nosotros estaciones marcadas, el crecimiento anual en el eucaliptus se hace en forma muy poco regular: hay capas delgadas y contiguamente capas gruesas; a veces se nota apenas una línea circular, que corresponde a un crecimiento, mientras al lado de ella un círculo espeso, corresponde a una temporada húmeda.

Esto, en mi concepto, es característico del eucaliptus, en general, árbol de vegetación perpetua y originario de países tropicales.

Aunque poco frecuente, debe no obstante anotarse el vicio de la separación de dos capas de crecimiento periódico, que no adhieren entre sí. Un defecto semejante inutiliza la pieza para la obra de sierra y reduce la resistencia de la madera.

Las rajaduras radiales, debidas a la contracción de la médula, constituyen la peor tara y seguramente la más frecuente de la madera de eucaliptus, que puede, lo he dicho, evitarse, mediante el trabajo inmediato de la pieza después de su abatimiento.

Los otros defectos de la madera, conocidos en los países de cuatro estaciones, tales como las *cuadraduras*, debidas a la vejez de los árboles; las *venteaduras*, o sean grietas longitudinales, de superficies lisas y negras, debidas a la congelación de la savia, etc., no he tenido ocasión de ver en el eucaliptus nuestro.

La *lunura* es también por lo común rara en nuestro eucaliptus globulus. Consiste esta enfermedad en que alguna o algunas capas de crecimiento periódico resultan de color claro, esponjosas y poco consistentes, interponiéndose entre capas normales. A más de privar al madero de una parte proporcional de resistencia, le quitan completamente su homogeneidad, produciendo la falta de cohesión entre las capas contiguas. Por lo demás las capas alunadas se imbiben fácilmente de agua y se corrompen rápidamente.

Aunque no corresponde hablar de la causa, he de decir que me parece que la más fundada y posible, es la de un defecto pasajero de nutrición en cierto momento del crecimiento.

Como se comprenderá, una madera alunada debe ser desechada por el constructor, una vez que no es durable ni resistente. Felizmente es un defecto que se percibe a la simple vista con sólo examinar la sección de la pieza.

Otro defecto que he notado con frecuencia en nuestro eucaliptus, y que es común a otros vegetales, son las incrustaciones de la corteza en el tronco, ocurriendo esto en especial en la base del árbol. La corteza siendo menos resistente que el cuerpo leñoso tanto a la acción del tiempo como a las acciones mecánicas, al introducirse en la madera origina un defecto que aunque menos grave que el anterior, no debe tampoco despreciarse y por esto es menester purgar la pieza de él, cosa fácil de hacer puesto que generalmente la incrustación no tiene lugar en muy grande extensión; y el trozo así desperdiciado no es nunca considerable.

Hay con frecuencia eucaliptus cuyas fibras en lugar de tener una dirección paralela a la médula, se arrollan helicoidalmente al rededor del corazón del árbol; más aún, es raro el árbol que no tenga sus fibras formando hélice más o menos ancho alrededor de la médula. Este defecto es, como acabo de decir, tan frecuente aquí como que casi no hay árbol de eucaliptus que de él se escape. Esta observación contribuiría a afirmar la creencia expuesta al respecto por Barry, de que es el viento el que produce esa torsión en las fibras (1); de modo que éstas seguirán líneas más o menos curvas, según salte más frecuentemente la dirección de aquél.

A este respecto, de la disposición de las fibras helicoidalmente o paralelamente, ha habido el más completo desacuerdo entre los botánicos: mientras algunos, en especial los antiguos, sostienen que los sectores fibro-vasculares se unen entre sí según planos radiales pasando por el eje de crecimiento y un radio perpendicular, en cambio otros, con más razón quizás, han rectificado esa afirmación, asegurando que esa disposición es sólo apa-

---

[1] Barry, Comparative Anatomy of the Phanerogams and Ferns.

rente, existiendo sólo en realidad en muy pocas especies, tales como el olmo, el fresno y el roble. Los últimos sostienen que los sectores se hallan siempre dispuestos más o menos oblicuamente, arrollándose en hélice alrededor de la médula; la inclinación puede aún ser relativamente considerable, hasta de  $45^{\circ}$  como ocurre, por lo general, con el granado.

La inclinación mayor que he visto en el eucaliptus es de 10 a  $15^{\circ}$ , pero casi siempre es menor.

Según Tieghem este fenómeno obedece menos a la acción del viento que a un crecimiento longitudinal muy acentuado de las células periféricas, que no corresponde, siendo mayor, al crecimiento longitudinal del centro del tallo; opinión es ésta que parece confirmada por los estudios de d'Arbois de Jubainville, según el cual, habiendo examinado un cierto número de árboles de crecimiento rápido, en el bosque de Marchiennes, notó que su fibra se halla más torcida que la de los demás, lo que manifestaría no ser el viento el origen del fenómeno, sino más bien la causa apuntada por Tieghem. Y quizá este modo de pensar es el justo; pues, a mi vez he comparado el tallo de eucaliptus con los de otros árboles de la misma región, hallando que la observación de d'Arbois es exacta: mientras la torsión de la fibra del eucaliptus era notable, un capulí (*cerasos salicifolia*) contiguo, tenía sus fibras aparentemente rectas y un sauce (*salix humboltiana*) mucho menos que nuestro árbol, no obstante que las tres plantas se hallaban sujetas a idénticas corrientes de aire.

Lo que sí puedo agregar a lo dicho por Tieghem y d'Arbois de Jubainville, es que la torsión no es la misma en toda planta de la misma especie, no siendo, por lo tanto, la inclinación un carácter propio y distintivo de la especie. En la misma región parece constante, pero es indudable que varía de región a región: he examinado plantas del mismo bosque y salvo pequeñas variaciones la torsión es idéntica; pero comparándola con la de árboles de procedencia diversa, la variación es más notable. Esta observación talvez confirma la teoría de Tieghem: hay sitios cuya fertilidad, humedad, etc., permiten ase-

verar que el crecimiento de las células periféricas es mayor por hallar más alimento para su nutrición, mientras que el crecimiento longitudinal es más lento y más constante en cualquier región. He hallado que los árboles de mayor torsión, entre los que he comparado, han sido los provenientes de terrenos más fértiles y húmedos (Cumbayá y Ejido de Quito), mientras que un árbol criado en Pomasqui, en terreno pobre, tenía relativa poca inclinación de sus fibras.

Pero, en fin, que esta torsión sea accidental o específica, es indudable que si es exagerada, puede presentar un valor apreciable bajo el punto de vista de la resistencia del material., puesto que las fuerzas no han de obrar ni normal ni paralelamente a las capas, sino oblicuamente a ellas, facilitándose así, como es obvio comprender, su disgregación mecánica.

Si tenemos una tabla con fibras bien rectas, es indudable, después de lo expresado acerca de la anatomía de la madera, que resistirá mucho mejor que una tabla de fibras oblicuas, a las cuales la sierra y el cepillo han de haber cortado, fibras que pueden separarse a causa del esfuerzo de flexión, si a él se somete el material.

En muchos árboles se nota también una excentricidad del corazón, por el crecimiento sucesivo desigual de las capas, que no se han acumulado con regularidad alrededor del eje primario, y que puede obedecer a varias causas: enfermedades pasajeras de la planta, invasión de insectos que han destruído las hojas de cierta parte del árbol, mayor pendiente del suelo, orientación de la luz, etc.

La nutrición desigual de la planta, más abundante por unas raíces que por otras, tiene seguramente, y cualquiera que sea el valor de la opinión en contrario, influencia capital en esta materia.

Dos casos puedo citar a este respecto, casos típicos, especialmente curiosos: fue el uno el de cierto eucaliptus de seis a siete años, cuya sección acusaba una excentricidad del corazón, hasta hallarse éste casi en contacto, por el un lado, con la corteza, tan finas y delgadas eran las capas de ensanchamiento sucesivas en uno de los costados. El árbol parecía sembrado en

excelente terreno, con luz por todos lados; pero como el aspecto no era natural hube de buscar la causa en el suelo ya que no era dable hallarla en otra parte. Habiendo descubierto el terreno, resultó que a poca profundidad, a 40 o 50 centímetros de la superficie, un verdadero muro de concreto de andesitas, había impedido la nutrición de las raíces, las que habían resbalado por sobre ese macizo duro, tratando de penetrar en sus grietas, pero sin lograr nutrirse, mientras que por los otros lados el terreno, suave y fecundo, había alimentado con generosidad al árbol.

El otro caso, a que me he referido, fue asimismo un ejemplo de excentricidad notable, aunque menor que el anterior; aquí el suelo era todo de excelente calidad y me fue preciso atribuir la tara a que el árbol había crecido en un terreno fuertemente inclinado.

Las curvaturas de la planta, que producen un tronco torcido e impropio para la construcción, es un defecto que no se nota por lo común en el eucaliptus; al menos no he tenido ocasión de ver nunca árboles caprichosos, retorcidos o nudosos.

Lo que sí se encuentra con frecuencia es eucaliptus inclinados; pero el tal no es, a la verdad, un defecto para el empleo en la construcción. Es cierto que las fibras del lado del ángulo suplementario al de inclinación se hallan como estiradas y por lo mismo afinadas, originándose talvez, con ello, una excentricidad, pero la madera puede servir perfectamente como la del árbol vertical, de la cual, por lo demás, es difícil, sin suma proligidad, distinguirla.

Enumerados los vicios de orden anatómico, veamos los que provienen de agentes exteriores: el defecto capital, el más conocido, es el de la putrefacción, sea en la forma húmeda, que es conocida principalmente con la denominación de putrefacción, sea en la forma seca, que es lo que llamamos vulgarmente en el Ecuador, *pasmo* o *espasmo* de la madera.

La primera se produce bajo la acción de los agentes atmosféricos, y, en especial, de la humedad que penetra al interior del leño. La segunda, según Burnett, pro-

viene de la influencia de exposiciones alternativas del árbol a la humedad y a acentuadas sequías, favorecedoras de ciertas vegetaciones cryptogámicas, que aparecen bajo la forma de filamentos blanquecinos o negruzcos, y que invaden poco a poco los vasos y los poros, dejando a las fibras leñosas como disecadas. Esta putrefacción principia por disgregar la madera en agujas y filamentos y termina por convertirla en polvo.

El árbol al que se descortezaba en pie y al que se deja por mucho tiempo a la interperie, es en el que se desarrolla en particular el *espasmo*: el descenso de la savia no renovada deja seguramente los vasos vacíos y en aptitud de que el *espasmo* se produzca y se desarrolle.

A veces, cuando se cortan las raíces o cuando éstas mueren accidentalmente, se produce la putrefacción del tronco en la base. Esta putrefacción, dice Broker, es siempre grave; pues se transmiten los gérmenes a toda la pieza con los esfuerzos que las células parecen hacer para la succión de la savia. Habiéndose observado, por el mismo autor, y por Kyan, que este defecto es más grave en las maderas blancas; sería menester tenerlo muy en cuenta tratándose del eucaliptus, que se encuentra entre ellas.

Hay otro género de *espasmo*, empleando siempre la palabra vulgarmente usada entre nosotros, que consiste en una putrefacción seca, que empieza en los extremos de las piezas, propagándose luego al tronco; es algo que todos hemos visto y que se caracteriza por ciertos hongos blancos, que se adhieren a las piezas; es, a lo que entiendo, sin poder sin embargo asegurarlo, lo que en Francia llaman *grisette*. Esta tara, para decir verdad, es más común en otras maderas que en el eucaliptus.

Los nudos situados sobre la superficie, las sinuosidades dejadas por las ramas que se arrancan, son, por lo general, origen y foco de putrefacción; por eso sería de recomendar que se trate de suprimir en lo posible, por medio del desbaste, los nudos y sinuosidades de la madera, antes de emplearla en la construcción.



Una vez abatido un tronco sano, puede adquirir taras, que le inutilicen para ser empleado en la construcción.

Una pieza sana, que queda expuesta a la intemperie, bajo la acción del sol y de la humedad, se agrieta y los hongos y más vegetaciones parasitarias de la madera ejecutan lo demás. Principia la pieza por perder completamente la conjuntivitis, la que una vez desaparecida permite que la fibra sea atacada; la madera cambia de color, se vuelve blanca, luego gris, hasta que se mancha de negro, quedando inhábil para prestar cualquier servicio.

En ocasiones, la descomposición se inicia en el corazón y hay que examinar éste para saber que la madera se halla inutilizada, aunque en apariencia parezca excelente.

El eucaliptus, sin duda por su perfume y su resina y la gran cantidad de sustancias tánicas y astringentes de la savia, es muy poco susceptible de recibir y de hospedar parásitos animales, y así lo he visto, pues mientras árboles vecinos de otras especies, como arrayanes (*Myrtus mollis*), por ejemplo, se hallaban invadidos por insectos y por larvas de insectos, arbustos contiguos de eucaliptus estaban libres de la plaga.

En cuanto a los parásitos vegetales, ya he expresado que el eucaliptus es, con frecuencia, víctima de ellos; casi todas las taras de la madera cortada les son imputables, debiéndose en particular a aquellos parásitos llamados *Mycetas*, que son honguitos que echan raíces hacia el interior, para nutrirse.

Los hongos no sólo atacan el árbol abatido, sino aún al vivo y en pie; cuando tal ocurre reciben el nombre de *parásitos*, en tanto que los que atacan la madera cortada pertenecen, por lo general, al grupo de los *saprofitas*.

El eucaliptus no escapa a éstos y parece que tanto el *Merullius lacrymans* como el *Polyporus vaporarius* le maltratan sin compasión, y es precisamente por esto que ese árbol resiste mal al tiempo en medios húmedos: la madera se vuelve amarilla, luego blanquecina y gris, apa-

recen grietas muy finas, transversales a las fibras y la pieza como que se descompone en pequeños cubos, hasta que desprende un polvillo como de polilla. En la superficie asoma un filamento muy fino, formando a la larga una como tela, que sumamente hidrófila, recoge la humedad, formándose lágrimas diminutas.

No hay cómo descuidar la operación del corte de los árboles, ya que de ella depende en buena parte la calidad de la madera, su resistencia y duración. De ahí que me halle en el caso de decir que se comete un desperdicio lamentable con nuestro método actual de corte, echando al suelo el tronco previa sección hecha al hacha sin ninguna precaución para amortiguar el golpe de caída. causa de compresiones y de rajaduras que inutilizan trozos más o menos grandes de material y que lastiman y contusionan el resto.

Una vez abatido el árbol, el leño ha de colocarse en situación tal que permita naturalmente la pérdida de la savia; un secamiento muy rápido produce contracciones bruscas de los círculos de ensanchamiento, y, como consecuencia, grietas paralelas a la médula o siguiendo las hélices de las fibras.

Además, el tronco ha de colocarse en condiciones apropiadas para evitar en lo posible la descomposición, y el ataque de los insectos.

En Europa, y, en general en los países de cuatro estaciones, se aconseja cortar los árboles en invierno, cuando están agostados; pues el elemento más propicio para la destrucción siendo la savia, es preferible economizarse ese peligro tumbándolos cuando la tienen menos.

Entre nosotros, y con árboles, como el eucaliptus, de vegetación perpetua, la regla no es aplicable, de modo que tenemos que resignarnos a sufrir las consecuencias del peligro proveniente de la abundancia de materias azoadas, muy susceptibles de descomponerse bajo la acción del agua, el aire y el calor. Sin embargo sí creo que la corta debe efectuarse en la época seca, pues que habiendo menos humedad en el suelo habrá menos corriente líquida en la planta.

Hay la idea, muy arraigada en nuestros campesinos, de que el árbol no debe cortarse jamás en cierta disposición de la luna; a ello atribuyen muchos de los *espasmos* de la madera, pues dicen que entonces la madera se ha *alunado*. Esta creencia, muy arraigada, me ha inducido a pensar que alguna causa ha de haber para eso: la experiencia, que no explica las cosas pero que las comprueba, puede en este caso obligarnos a buscar los motivos de aquel fenómeno. Es de creer que como la luna obra en las mareas y en todas las corrientes líquidas, influya también en el movimiento de la savia, acentuándolo o retardándolo, ni más ni menos, aunque en ínfima menor escala que el sol. ¿Es efecto de atracción? ¿Lo es de calor? ¿lo es de luz? No sería dable precisarlo; en todo caso es posible, lo repito, que influya en la cantidad de savia haciéndola circular más rápida o más abundantemente en ciertos períodos. De esto puede deducirse que cuando el árbol, *por la acción de la luna*, está más lleno de savia es inconveniente derribarlo. No he llegado nunca a comprobar el *alunamiento*, tal cual lo suponen nuestros campesinos, pero la creencia es tan general y tan vulgarizada, que si es exacta, quizá tenga la explicación antes expuesta.

La presencia de la savia siendo un peligro en la madera cortada, su conservación prolongada es perjudicial; pero como tampoco es conveniente su expulsión rápida, como ya lo tengo dicho, será menester optar por desembarazarse de ella en las mejores condiciones, esto es por medio de una disecación regular y bien llevada.

Uno de los medios más prácticos y menos costosos es el de sumergir el tronco en el agua. Esta disuelve los principios susceptibles de fermentarse y se lleva consigo la savia. Sin embargo el método no es excelente en absoluto, pues tiene el inconveniente de que la inmersión prolongada vaciando las cavidades de toda sustancia soluble, vuelve las maderas prosas y por consiguiente produce el efecto de disminuir su resistencia y duración.

Otro medio es el de emplear secantes artificiales, entre los cuales uno de los más vulgarizados es el aire

caliente. Las piezas se hallan sometidas a estufas en las que la corriente de aire puede ser elevada gradualmente hasta 50, 60 o 70°.

Si no urge mucho el empleo de la madera, lo mejor es someterla a la disecación natural; es decir dejar que el tiempo haga su obra, en condiciones favorables. Para obtener éstas, lo usado es empilar las piezas de madera de modo que queden aisladas del suelo, entrecruzando las vigas con el objeto de que el aire las rodee por completo, renovándose constantemente. Una cubierta que las proteja del sol y de la lluvia es conveniente y necesaria.

Pero, como quiera, por más que se tomen precauciones para vaciar la madera de su savia, ese resultado no se obtiene nunca de modo completo; para subsanar esto se ha escogitado otro método, cual es el de criar obstáculos a la descomposición de la savia que queda en el madero; en otros términos, lo que se procura es aislar el resto de savia, que queda en la viga, del aire y de la humedad. Otro sistema aconsejado es el de esterilizar esas materias por medio de sustancias antisépticas.

La protección contra el aire y la humedad puede obtenerse por medio de capas más o menos espesas de pinturas de aceite o de alquitrán; este último se emplea, en especial, para las maderas que se clavan en el suelo. Pero si estas capas logran dificultar, nunca impedir, la putrefacción húmeda proveniente del suelo, no consiguen coartar la putrefacción seca del interior.

La carbonización de la superficie es también muy aconsejada e indudablemente más eficaz; consume el fuego los gérmenes orgánicos que pueden depositarse en la capa superficial de las vigas, al propio tiempo que endurece esa capa, cerrando los poros y los extremos de los vasos.

La disecación se ha intentado hacer por medio de sustancias que simpatizando con el agua, que es la base de la savia, la recogen, por decirlo así, vaciando la pieza; la sustancia cuyo uso se ha ensayado y aún practicado para lograr este objeto ha sido el ácido sulfúrico bruto; pero su costo y la destrucción que produce en la

madera, le hacen poco recomendable, además de que si bien es cierto que el ácido sulfúrico atrae el agua de la parte próxima del tronco a él sometido, no es muy seguro que su sola presencia en las vecindades haga viajar a través del madero toda la savia que contiene.

La esterilización de los gérmenes de descomposición por medio de inyecciones de sustancias antisépticas es muy aconsejado, aunque su empleo debe ser, por su misma naturaleza, de difícil generalización.

Los antisépticos más prescritos han sido el sulfato de cobre, el bicloruro de mercurio, el cloruro de zinc y la creosota.

El sulfato de cobre ha caído un poco en desuso a causa de que en contacto con el hierro da origen a una acción galvánica que destruye los clavos, remaches, tornillos, etc., empleados para sujetar o unir la madera, destruyendo también, aunque en menor escala, esta última.

Kyan ha aconsejado el bicloruro de mercurio; pero el elevado precio comercial de esta sustancia y los peligros de su manipulación, le hacen poco utilizable en la práctica, además de su gran solubilidad en el agua, [6% a 10° y 50% a 100°] no permite que maderas inyectadas de esta sustancia se conserven en la humedad.

Burnett indica el uso del cloruro de zinc, que, en efecto, se emplea en grande escala en Inglaterra, Holanda, Dinamarca y Rusia: esta sustancia, de relativo poco costo, se combina con las materias albuminoides de la savia dando origen a compuestos insolubles en el agua.

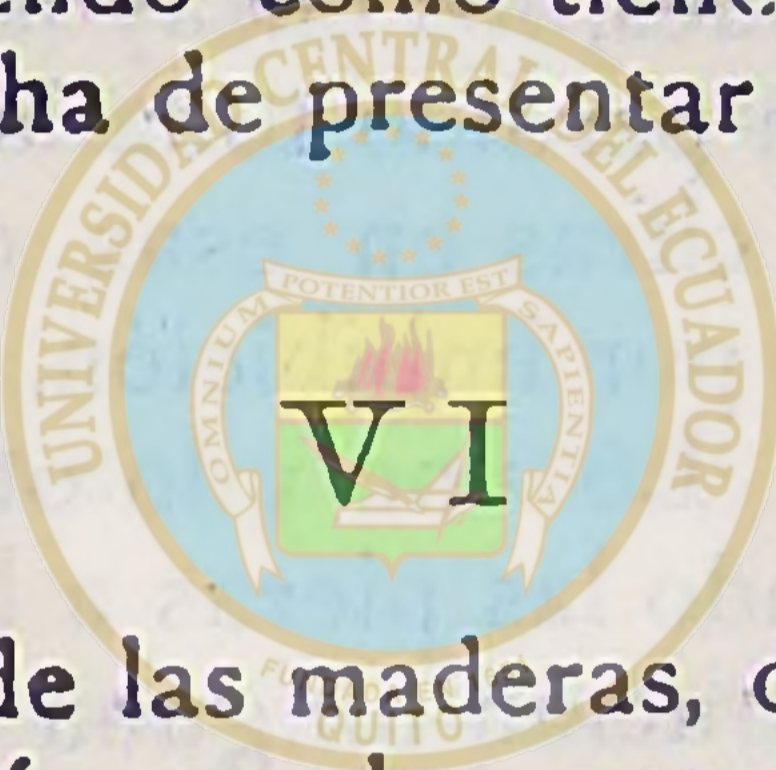
La creosota impura o aceite de hulla, el kreso, que contiene de 20 a 30% de naptalina y de 5 a 6% de ácido fénico, se usa bastante en Estados Unidos, no sólo por sus propiedades antisépticas, sino también porque es hidrófugo y preserva, por consiguiente, las maderas de la humedad, y, por lo mismo, de sus variaciones de volumen, origen comprobado de grietas.

Boucherie prescribe hacer la inyección aprovechando de la savia ascendente de los árboles recientemente cortados, por simple inmersión de la base del tronco en

el líquido inyectante; pero como el resultado no ha sido muy satisfactorio, se ha abandonado el sistema.

En Europa se hace hoy la inyección en vaso cerrado. Después de someter la pieza al vacío se le inyecta el líquido a fuerte presión: la madera secada previamente o sometida a la acción del vapor, a tres o cuatro atmósferas, para vaciar la savia, es en seguida sometida al vacío y luego se la inyecta la sustancia esterilizante, bajo la presión de ocho o diez atmósferas. Una vez bien imbibidas se secan las piezas al aire libre.

Se ha observado que la penetración de los líquidos antisépticos es en extremo variable con la edad y la naturaleza del árbol; las maderas fibrosas son, por lo común, más inyectables que las resinosas y las jóvenes lo son mucho más que las viejas, como que tienen más vasos y son, por decirlo así, menos apretadas. El eucaliptus, teniendo como tiene goma [la goma kino], es seguro que ha de presentar resistencias a la inyección.



La resistencia de las maderas, dada la heterogeneidad de su constitución, es algo que, en mi concepto, no puede tenerse sino por aproximado; las circunstancias son tantas y tan variadas que no hay manera de señalar un coeficiente preciso de resistencia del modo como puede determinarse respecto de los metales, por ejemplo; de ahí que los coeficientes de resistencia que se señalan para las maderas, siendo como son coeficientes medios, pueden a veces fallar y de hecho en ocasiones fallan.

Las condiciones de crecimiento de cada muestra de madera, el lugar de su procedencia, las anomalías y taras individuales del trozo, la cantidad de líquidos que contienen, su densidad, que depende también de la disección, hacen que de ensayo a ensayo se obtengan cifras diferentes.

Es indudable que dentro de una misma especie la repartición en los tejidos de un número variable de células, la desigual extensión del crecimiento de las fibras,

su constitución según provengan del cambium o del feloderma, los depósitos de *lumens* más o menos considerables en el interior del material, obran en la resistencia, influyendo al mismo tiempo en la densidad de la madera, hasta el extremo de que según el valor de ésta, en cada caso particular, puede deducirse el de aquella.

Ya he hecho notar que el suelo en que se crió, según sea más o menos húmedo, o según sea más o menos rico, tiene importancia capital en la constitución de la madera, y, por consiguiente en su densidad y en su resistencia. La inclinación del terreno obra, como también ya lo he expresado, en la disposición de las capas de crecimiento; una sombra permanente cercana; los vientos; el clima que tanta influencia ejerce en la elaboración de la savia, hacen variar al infinito las condiciones del árbol.

Como quiera, pues, los ensayos deben hacerse en piezas que hubiesen perdido toda la humedad por disecación, para obtener cifras en esas condiciones, y luego en trozos saturados, por imbibición, de toda el agua que pudieran contener. Lo uno y lo otro puede conocerse fácilmente: sometiendo las piezas a la estufa hasta que su peso no sufra alteración ninguna por más que se prolongue su permanencia en el aparato de disecación, tendremos la pieza seca, y conoceremos que la imbibición ha llegado al máximo cuando por más que se prolongue su estadía en el agua, el peso de la muestra no aumenta.

Hecho esto, el peso exacto de una misma muestra efectuada al máximo de su sequedad y al máximo de su imbibición, nos dará el peso exacto del agua que es capaz de absorber y, por consiguiente, la relación del líquido al peso y al volumen.

Cuatro trozos de eucaliptus provenientes de diversos árboles y de diversas partes de árboles fueron sometidos a observación.

*Primera experiencia.*—Provenía la materia de ensayo de un árbol de quince a diez y seis años, y fue extraída de la base y del corazón del tronco.

Tallado en cubo de 0,10 por lado, con sumo cuidado, fue sometido a la estufa, no obstante que el árbol había sido cortado cuatro meses antes, y no obstante hallarse, por consiguiente, casi seco al aire. Las temperaturas que experimentó fueron de  $30^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$  y  $60^{\circ}$ , llegando un momento en que su peso, de 520 gramos, no varió en absoluto; había, pues, llegado al máximo de sequedad.

Sometido luego a la imbibición de agua, elevada de  $40^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ , su peso mayor, que permaneció invariable, ascendió a 664 gramos; luego la diferencia, o sean 144 gramos, era la cantidad de agua capaz de ser absorbida por el cubo de eucaliptus, es decir apenas un  $27,7\%$  de su peso.

Medida la pieza al vernier, al estado seco, en el sentido de la fibra, no había variado y continuaban midiendo todas las aristas los mismos 0,10; pero las aristas normales a las fibras se habían contraído, midiendo respectivamente

0,0992, 0,0992, 0,0995 y 0,0995.

correspondiendo la mayor variación a aquella parte que pertenecía a la capa más alejada del centro del tronco, es decir a la capa más moderna.

Estas operaciones de ensayo se llevaron a cabo con sumo cuidado y toda la observación se procuró efectuar en una atmósfera seca, para lo cual se hizo correr una corriente de aire caliente.

Medido el trozo después de la imbibición, acusó las siguientes dimensiones:

*en dirección de las fibras*, 0,1001, 0,1001, 0,1002 y 0,1002;  
*normalmente a las fibras*, 0,1010, 0,1015, 0,1012 y 0,1010.

Notándose, primero, que el esponjamiento o la contracción debida a la humedad son mayores en sentido normal a las fibras que siguiendo la dirección de éstas, y, segundo, que las fibras que más se contraen por la desecación son las mismas que más crecen por la humedad.



*Segunda observación.*—Trozo de las mismas dimensiones que el anterior, proveniente de un árbol joven, de seis años, nacido en lugar seco, cortado tres meses antes, extraído a cosa de un metro de la base, y, como el anterior, proveniente del centro del tronco.

*Peso en seco:* ..... 502 gms.  
*Peso después de la imbibición:* ..... 678 „

*Diferencia:* ..... 176 gms.

Dimensiones de las aristas:

*en seco, según fibras,* . . . . 0,0990, 0,0990, 0,0987, 0,0988;  
*normalmente a las fibras,* 0,0987, 0,0985, 0,0982, 0,0981.

Dimensiones después de la imbibición:

*según las fibras,* . . . . 0,1003, 0,1002, 0,1002, y 0,1001;  
*normalmente a las fibras,* 0,1015, 0,1011, 0,1010 y 0,1009.

La ley, puede notarse, es la misma que en el caso anterior, sólo que el crecimiento por imbibición ha sido algo mayor y la disminución menor. Esto manifiesta que la madera de árbol joven es más porosa y esponjosa que la de uno de mayor edad, lo que se comprueba con la variación de peso en seco y después de la imbibición, que recorre una escala mayor que en el caso anterior.

*Tercer experimento.*—Trozo cúbico de 0,05 por lado, proveniente de un arbolito de dos años.

*Peso al estado seco,* ..... 265 gms.

*Peso al estado de imbibición,* . . . . 385 „

*Diferencia,* ..... 120 gms.

Es decir que absorbió más de la mitad de su peso de agua.

Medidas en seco:

*según fibras* . . . . . 0,0490, 0,0490, 0,0487, 0,0489;  
*normalmente a las fibras,* 0,0480, 0,0480, 0,0478, 0,0476.

Medidas al estado de imbibición:

*según las fibras,* . . . . . 0,0501, 0,0501, 0,0502 y 0,0502;  
*normalmente a las fibras,* 0,0508, 0,0510, 0,0514, y 0,0516.

Los fenómenos, pues, se han acentuado y confirman siempre lo expuesto.

*Cuarto experimento.*—Cubo de 0,10 por lado, extraído de un árbol de diez y seis años, conteniendo sólo fibras leñosas, y tallado desde el linde de la albura.

*Peso en seco:* . . . . . 450 gms.

*Pero después de imbibido:* . . . . . 636 „

*Diferencia:* . . . . . 186 gms.

Medidas en seco:

*según fibras,* . . . . . 0,0988, 0,0986, 0,0986, y 0,0985;  
*normalmente a las fibras,* 0,0983, 0,0981, 0,0978 y 0,0977.

Después de la imbibición:

*según fibras,* . . . . . 0,1000, 0,1000, 0,0999, 0,0999;  
*normalmente a las fibras,* 0,1001, 0,1001, 0,1000, 0,1001.

Notemos aquí que el crecimiento al estado de imbibición es muy menor; en cambio la disminución por disecación ha sido la mayor, lo que da a comprender que el trozo estuvo cargado de savia cuando fue sometido a la experiencia.

Como creí conveniente y útil averiguar el peso del decímetro cúbico de madera verde (recién cortada) y el decímetro cúbico de la madera que ya ha perdido la savia, para determinar la proporción de ésta, hice experiencias, que me dieron las siguientes cifras:

*Segunda observación.*—Trozo de las mismas dimensiones que el anterior, proveniente de un árbol joven, de seis años, nacido en lugar seco, cortado tres meses antes, extraído a cosa de un metro de la base, y, como el anterior, proveniente del centro del tronco.

<i>Peso en seco:</i> .....	502 gms.
<i>Peso después de la imbibición:</i> .....	678 „
	<hr/>
<i>Diferencia:</i> .....	176 gms.

Dimensiones de las aristas:

*en seco, según fibras,* . . . . 0,0990, 0,0990, 0,0987, 0,0988;  
*normalmente a las fibras,* 0,0987, 0,0985, 0,0982, 0,0981.

Dimensiones después de la imbibición:

*según las fibras,* . . . . 0,1003, 0,1002, 0,1002, y 0,1001;  
*normalmente a las fibras,* 0,1015, 0,1011, 0,1010 y 0,1009.

La ley, puede notarse, es la misma que en el caso anterior, sólo que el crecimiento por imbibición ha sido algo mayor y la disminución menor. Esto manifiesta que la madera de árbol joven es más porosa y esponjosa que la de uno de mayor edad, lo que se comprueba con la variación de peso en seco y después de la imbibición, que recorre una escala mayor que en el caso anterior.

*Tercer experimento.*—Trozo cúbico de 0,05 por lado, proveniente de un arbolito de dos años.

<i>Peso al estado seco,</i> .....	265 gms.
<i>Peso al estado de imbibición,</i> .....	385 „
	<hr/>
<i>Diferencia,</i> .....	120 gms.

Es decir que absorbió más de la mitad de su peso de agua.

Medidas en seco:

*según fibras* ..... 0,0490, 0,0490, 0,0487, 0,0489;  
*normalmente a las fibras,* 0,0480, 0,0480, 0,0478, 0,0476.

Medidas al estado de imbibición:

*según las fibras,* ..... 0,0501, 0,0501, 0,0502 y 0,0502;  
*normalmente a las fibras,* 0,0508, 0,0510, 0,0514, y 0,0516.

Los fenómenos, pues, se han acentuado y confirman siempre lo expuesto.

*Cuarto experimento.*—Cubo de 0,10 por lado, extraído de un árbol de diez y seis años, conteniendo sólo fibras leñosas, y tallado desde el linde de la albura.

*Peso en seco:* ..... 450 gms.

*Pero después de imbibido:* ..... 636 „

*Diferencia:* ..... 186 gms.

Medidas en seco:

*según fibras,* ..... 0,0988, 0,0986, 0,0986, y 0,0985;  
*normalmente a las fibras,* 0,0983, 0,0981, 0,0978 y 0,0977.

Después de la imbibición:

*según fibras,* ..... 0,1000, 0,1000, 0,0999, 0,0999;  
*normalmente a las fibras,* 0,1001, 0,1001, 0,1000, 0,1001.

Notemos aquí que el crecimiento al estado de imbibición es muy menor; en cambio la disminución por disecación ha sido la mayor, lo que da a comprender que el trozo estuvo cargado de savia cuando fue sometido a la experiencia.

Como creí conveniente y útil averiguar el peso del decímetro cúbico de madera verde (recién cortada) y el decímetro cúbico de la madera que ya ha perdido la savia, para determinar la proporción de ésta, hice experiencias, que me dieron las siguientes cifras:

1º Bloque proveniente del corazón de un árbol de diez y seis años, nacido en terreno seco (Puembo), a 0,50 de altura:

<i>peso en verde,</i> .....	708 gms.
<i>peso en seco,</i> .....	540 "
	<hr/>
<i>diferencia,</i> .....	168 gms.

2º Bloque. de un árbol de diez años, de sitio húmedo (Guápulo):

<i>peso en verde,</i> .....	760 gms.
<i>peso en seco,</i> .....	530 "
	<hr/>
<i>diferencia,</i> .....	230 gms.

3º Bloque, de árbol de seis años, de sitio seco (Sanmillán):

<i>peso en verde,</i> .....	730 gms.
<i>peso en seco,</i> .....	470 "
	<hr/>
<i>diferencia,</i> .....	260 gms.

4º Bloque, de un arbolito de dos años, de Quito:

<i>peso en verde,</i> .....	850 gms.
<i>peso en seco,</i> .....	430 "
	<hr/>
<i>diferencia,</i> .....	420 gms.

Estas observaciones permiten afirmar: 1º que cuanto más viejo es un árbol, tiene menos savia que perder; 2º que jamás una pieza sometida a la imbibición del agua, llega a llenar completamente sus vasos y poros, pues no obstante que la savia es más ligera que el agua, la pieza cargada de ella pesa más que imbibida de agua.

*Contracciones por la disecación:*

Primer bloque:

*según fibras*, . . . . . 0,000, 0,000, 0,000, 0,000;  
*normalmente a las fibras*, 0,0002, 0,0001, 0,0001, 0,0001.

Segundo bloque:

*según fibras*, . . . . . 0,0001, 0,0002, 0,0002 y 0,0001;  
*normalmente a las fibras*, 0,0008, 0,0010, 0,0010 y 0,0012.

Tercer bloque:

*según fibras*, . . . . . 0,0002, 0,0002, 0,0001 y 0,0001;  
*normalmente a ellas*, . . . . 0,0008, 0,0008, 0,0011 y 0,0014.

Cuarto bloque:

*según fibras*, . . . . . 0,0002, 0,0001, 0,0002 y 0,0003;  
*normalmente a ellas*, . . . . 0,0013, 0,0012, 0,0014 y 0,0015.

Resulta, pues, que conforme envejece la madera, al secarse se contrae menos; muy poco en la dirección de las fibras y algo más normalmente a ellas.

En el primer bloque no hubo deformación notable ni daño alguno; en el segundo se notaron pequeñas fisuras que irradiaban del centro, anchas hacia él y delgadas conforme se alejaban del corazón; en el tercero las fisuras fueron notables, llegando a dividir casi la madera; en el último la madera se arrugó, por decirlo así, agrietándose y mostrando las extremidades de las fibras que sobresalieron sobre la masa contraída.

## VII

La resistencia de la madera dependiendo de su densidad, variará con los elementos que hacen variar ésta, es decir con la cantidad de líquidos que la madera contiene. Luego si se efectúan las experiencias sobre piezas que hayan perdido toda la humedad que podían perder por disecación y sobre otras desimbida de agua,

nos hallaremos en la posibilidad de fijar resultados límites entre los cuales pueden variar los esfuerzos, una vez que éstos tienen que corresponder a estados de humedad intermediarios.

Como es sabido, la elasticidad es aquella propiedad de los cuerpos en virtud de la cual tienden a recuperar su volumen y estado primitivos, cuando han cesado de obrar fuerzas extrañas sobre ellos.

El fenómeno presenta tres facetas: bajo la acción de la fuerza, si ésta no excede cierto límite, la deformación no se produce o sólo es accidental o transitoria, volviendo el cuerpo al estado anterior tan luego como desaparece la acción; si la fuerza es mayor, el cuerpo se deforma y queda definitivamente deformado; y, por fin, con una gran fuerza el cuerpo se rompe.

Ahora bien, es sabido que no hay en la naturaleza ningún cuerpo absolutamente elástico, no obstante que ciertas sustancias muy duras, como el acero, por ejemplo, no padecen deformación aparente, apreciable, cuando se las somete a presiones mecánicas de relativa poca consideración.

En otros términos, la elasticidad no es sino la reacción que ejerce un cuerpo para conservar su forma, bajo la acción de una fuerza.

La elasticidad se debe a la inercia de las moléculas, que tratan de mantener su sitio, reaccionando contra las fuerzas exteriores que tienden a desplazarlas; es la reacción de la fuerza de cohesión y de repulsión entre las moléculas, que procuran mantener siempre intactos los espacios intermoleculares,

La madera de eucalipto no constituye una excepción a los demás cuerpos y es menester que sepamos cuál es el límite de la fuerza que puede deformarla y cuál la fuerza, igualmente límite, que puede destruirla; en otros términos, se hace menester averiguar el límite de elasticidad y el coeficiente de ruptura.

Pero las fuerzas que se ejercen sobre la muestra de ensayo pueden ser de diversa naturaleza; pueden tender a unir más las moléculas, unas con otras, es decir que pueden ser fuerzas de compresión; o bien, tender a

separarlas, en cuyo caso tendremos una fuerza de extensión; o bien a hacer resbalar unas sobre otras en línea recta, lo que nos dará el cizallamiento; o, por último, podemos concebir un esfuerzo para transportar unas moléculas alrededor de un eje del cuerpo, lo que será el esfuerzo de torsión,

Voy, pues, a examinar cada uno de estos fenómenos refiriéndome al material que estudio.

*A) Tracción.*—Es el esfuerzo que tienden a producir en un sólido fuerzas de sentido contrario, que tratan de separarse, o sea a aumentar los poros del cuerpo y a dividirlo a la postre, por arrancamiento o desgarramiento.

El esfuerzo igual y contrario que opone el sólido recibe el nombre de resistencia a la tracción, y la menor fuerza que puede arrancarle o desgarrarle determina el límite de la resistencia a la tracción.

Podemos, pues, concebir una fuerza que no produzca deformación aparente residual; una mayor, que llegue a deformar el cuerpo, y, por fin, aquella que lo arranque o desgarre. Luego, para cierta carga que no exceda de determinado valor, el alargamiento del material, por la tracción, desaparece cuando se suprime la carga; si la carga es relativamente fuerte se producirá a la vez un alargamiento elástico y un alargamiento permanente. Ahora bien, es sabido, en mecánica, que los alargamientos elásticos de un prisma de sección determinada son sensiblemente proporcionales a las cargas, hasta cierto límite después del cual esa proporcionalidad desaparece. La carga máxima que produce el alargamiento proporcional es la carga-límite de elasticidad.

Si tenemos un prisma de material, la experiencia ha enseñado que el alargamiento permanente o transitorio es proporcional a la carga, a la distancia que media entre los puntos de aplicación de las fuerzas y a un cierto coeficiente que varía de un cuerpo a otro, e inversamente proporcional a la sección.

El alargamiento es de suma importancia, pues la fuerza que lo produce puede medir el valor de la reacción entre las diversas capas moleculares, de modo que



la fuerza tensora es igual a la fuerza atractiva que se desenvuelve entre dichas capas cuando se separan; esta fuerza es así proporcional a la separación de las moléculas.

Esta observación, que tratándose de material homogéneo, como los metales, por ejemplo, es absolutamente exacta, sufre sus quiebras al querer aplicarse a materiales de constitución no absolutamente homogénea como la madera: si en aquellos la separación entre las moléculas puede considerarse uniforme, no es posible pensar lo propio tratándose de fibras que no tienen absoluta continuidad y que en ocasiones encajan unas con otras sin formar un solo todo; en este supuesto es fácil concebir que el alargamiento se ha de verificar de preferencia en las partes débiles, en que la fuerza de atracción es menor, que no en los elementos en que es mayor.

Si la proporcionalidad del alargamiento a la carga no puede conocerse sino por la experiencia, en cambio se puede prever por la razón que el alargamiento debe ser inversamente proporcional a la sección del prisma, una vez que el peso lo hemos de suponer igualmente repartido en todos los elementos de la sección. Y, por lo demás es fácil constatarlo, pues los hechos indican que subsiste el mismo aun cuando se cambie de forma al prisma, si el área de la sección es la misma; si es doble, triple, etc., el efecto es menor en la mitad, en los dos tercios, etc. Si la sección fuese doble, bastaría, en efecto, reemplazar una varilla por dos iguales, y extender cada una de ellas por un peso menor de mitad.

Y la observación repetida ha demostrado que la ruptura llega a causa de la disminución de la sección consiguiente al estiramiento, de tal modo que tanto la sección como el estiramiento pueden ser utilizados para prever la ruptura. Tratándose de la madera el principio no falla, sólo que pasa inadvertido, o es poco aparente, por la sencilla razón de los desgarramientos internos y de la disminución del calibre de las fibras, que ensanchan los poros y vasos y que, por lo mismo, salvo casos rarísimos, no permiten constatar la disminución de la sección.

Por lo demás, la madera, en general, es poco elástica y por razón de tracción no se nota sino muy difícilmente un mínimo alargamiento, pasando bruscamente al estado de ruptura.

Esto he podido observarlo con el eucaliptus, en varios experimentos efectuados en 1912 y 1913, en la Universidad Central, cuando tuve el honor de tener a mi cargo el curso de física. Los ensayos fueron efectuados en barras de eucaliptus de diversas procedencias y edades, cuidadosamente trabajadas procurando, en cuanto fue dable, que las fibras se hallasen longitudinales; la sección cuadrada, perfectamente calibrada, de 0,01 por lado, teniendo un cuerpo de observación de 0,40, estando los extremos tallados en cabeza de 0,08 por lado y 0,10 de extensión, cabezas que fueron apretadas por mandíbulas ordinarias, que se hicieron de propósito y que sujetaban la cabeza, oprimiéndola, conforme la fuerza crecía. La extensión se trató de medir valiéndose del catetómetro, señalándose con una línea de color la parte de varilla útil al ensayo, o sea la comprendida entre las cabezas.

Sujeta la superior y medida exactamente la varilla, se cargó el otro extremo. Con una carga relativamente débil se notó un brusco aumento de dos milímetros, que hube de atribuir a defecto del catetómetro en el primer ensayo, pero que luego me fue necesario confesar el error, ya que se repetía en las observaciones sucesivas, hasta que hube de comprender la causa, muy explicable y que es preciso anotarla como advertencia para quienes quisieren hacer ensayos semejantes: simple y sencillamente ese brusco aumento de extensión de las barras, con pesos relativamente bajos, se debe, y así lo comprobé, a que nunca las barras, por más cuidado que en su trabajo se hubiese tomado, son perfectamente rectas, de tal modo que el primer efecto que tienden a producir los pesos es de enderezarlas, y por tanto, aparentemente, de alargarlas, una vez que convierten en recta una curva; primero es así indispensable empezar por un peso inicial suficiente para enderezar completamente el mate-

rial, y sólo entonces proceder a las cargas sucesivas del experimento.

Las experiencias, sea por defecto del catetómetro, o porque en realidad el eucaliptus varía grandemente de un ejemplar a otro, no me dieron sino resultados muy variables y poco precisos, notando sí que generalmente, bajo la acción de fuerzas inferiores a 400 kilogramos, o sea de 4 kgs. por milímetro cuadrado, no hay extensión alguna visible, pero al llegar a 550 kgs. la varilla empezó a crugir y a los 602 se rompió bruscamente; luego, apenas había podido soportar 6,02 kgs. por milímetro cuadrado.

Repetidos los experimentos, el término medio fue de 6 kgs. por milímetro cuadrado, lo que coloca al eucaliptus al nivel casi de la caoba, el ébano real, el guayaacán y en condición inferior al pino, fresno, etc.

Una de las causas de que fracasen muchos ensayos en esta clase de observaciones es la necesidad de evitar las vibraciones producidas por la carga brusca; por este motivo hube de emplear como peso el agua vertida hilo a hilo, lo que hace que cada experiencia resulte en extremo larga, tanto más que las cantidades de líquido que es menester utilizar son relativamente considerables.

Ahora bien, como las piezas de madera tienen defectos que desaparecen a la simple vista y como las condiciones en que trabajan varían al infinito, por mil y mil circunstancias, se hace necesario fijar, según la norma aconsejada por Claudel, en  $\frac{1}{10}$  el esfuerzo de seguridad; por consiguiente, es indispensable señalar en 60 kgs. por centímetro cuadrado o en 0,600 por milímetro cuadrado de sección el coeficiente de seguridad práctico a tracción de nuestro eucaliptus globulus.

Si llamamos  $E$  el coeficiente o modulo de elasticidad,  $p$  el peso e  $i$  el alargamiento, tendremos:

$$E = \frac{p}{i}$$

$$i = \frac{p}{E}$$

$$p = iE$$

Cuando  $i$  es igual a la unidad,  $E = p$ , lo que significa que el módulo de elasticidad no es sino la carga que sería necesaria para doblar la extensión del material que tuviese por unidad la sección.

B) Las leyes de la *compresión* son las mismas de la tracción. Los resultados varían, sin embargo, por la disposición del material. Podemos comprimir la madera paralelamente o bien normalmente a la fibra.

Cubos de eucaliptus de diversa procedencia y edad, de 0,02 por arista, fueron sometidos a la prensa hidráulica.

En primer lugar los cubos se colocaron bajo el cilindro de presión de modo que sus fibras fuesen perpendiculares a las superficies de compresión, habiendo sido cargada la prensa hasta que las fibras cediesen por flexión, encorvándose o separándose.

Si colocamos el bloque, de modo que las fibras se hallen paralelas a las superficies de presión, entonces se cargará la prensa hasta que las fibras se separen.

Después de ello, en el uno y en el otro caso, no vale la pena de continuar el trabajo; pues lo único que ocurrirá es que el material ha de resbalar disgregado, sin presentar resistencia.

Aquí la reacción proviene de la causa contraria a la de la tensión: la resistencia es opuesta por la fuerza de repulsión entre las moléculas, que origina los poros.

Colocados los cubos en la situación de que las fibras sean normales a las superficies de presión, la disminución del volumen fue medida sobre el cuerpo del émbolo. Con una presión de 800 kilogramos, el bloque cedió de 0,002; con una de 1000, había disminuído de 0,0022; con una de 1200, de 0,0028; con una de 1400, el volumen rebajó de 0,0038; entre 1400 y 1500 el bloque comenzó a ensancharse por los lados, formando senos, lo que in-

dicó la flexión de las fibras y por consiguiente haber llegado al límite de resistencia.

Por desgracia, estos experimentos han de ser, he de confesarlo, dentro de los límites indicados, relativamente poco exactos; pues, la prensa de que he dispuesto siendo muy poderosa, a partir de 500 kilogramos marcaba presiones por saltos, de 100 en 100 kgs.

Repetidas las experiencias pude fijar de modo aproximado en 1400 kgs, la fuerza media necesaria para la deformación de los cubos, fuerza que dividida en los 400 milímetros cuadrados sobre los cuales se ejerce, da una resistencia de 3,5 kgs. por milímetro cuadrado.

La deformación, al sacar los cubos de la prensa, manifestaban la tendencia al ensanchamiento de los extremos de las fibras, las que habían formado haces repartidos en forma de brocha o de escoba.

Pude asimismo notar que la madera verde resistía menos que la seca y que la imbibida ocupaba un sitio medio entre las dos. Reflexionando acerca de la causa de ello, no parece difícil descubrirla; pues, en la madera seca los vasos entre las fibras están vacíos y la elasticidad de éstas les permite una flexión que no halla gran resistencia en el aire que es posible llene los vasos, lo cual no ocurre al hallar agua o en general líquidos que al ser comprimidos en cierta dirección, han de transmitirlos hacia las paredes que no se hallan protegidas por presiones laterales. Esos vasos desempeñan el papel de verdaderas prensas hidráulicas, que obran lateralmente, para el efecto de empujar de costado las fibras.

La compresión, colocando los cubos de tal modo que la dirección de la presión fuera normal a las fibras, produce efectos análogos, sólo que el derramamiento del material se hace en dirección lateral de las fibras, permaneciendo constante, a lo que parece, la longitud.

Al límite, las fibras se disgregan produciéndose grietas entre ellas.

El límite de deformación fue en este caso menor, pues en los varios experimentos hechos, la mediana puede fijarse en 1100 a 1200 kgs., lo que da 3 kgs. por milímetro.

Estas cifras son indudablemente muy bajas para una madera del género de la que nos ocupa, y, por lo mismo, necesitan una constatación para la que ha de ser menester valerse de otras prensas menos bruscas y más obedientes.

En esta clase de esfuerzos es menester no olvidar que, según las experiencias de Rondelet, la resistencia de un prisma de madera a la compresión no varía sensiblemente en tanto que su longitud no exceda de ocho veces el lado menor de la sección transversal.

Barré da una fórmula para el cálculo de la carga de una columna de madera, de sección rectangular, empotrada por los extremos

$$P = \frac{S K}{1 + 0,00152 \left(\frac{l}{c}\right)^2}$$

en la que  $P$  = carga en kilogramos,  
 $S$  = sección en centímetros cuadrados,  
 $K$  = coeficiente de seguridad propio de cada madera,  
 $l$  = longitud del poste,  
 $c$  = lado menor de la sección.

Tratándose de columnas hay que tener también en cuenta su empotramiento: si se trata de un poste empotrado la resistencia es siempre mayor que la del semiempotrado o de aquel que no lo está, y tanto es así, que Daries asegura que en dos columnas de misma sección, que soporten cargas iguales, la altura de la que se halla empotrada puede ser doble de la no empotrada, para producir el mismo efecto; y que en el poste semiempotrado, en igualdad de cargas, la altura se halla entre las de un poste empotrado y uno que no lo está. Lo que el mismo autor expresa de la siguiente manera:

poste no empotrado, altura = 1  
 „ semiempotrado, „ =  $\sqrt{2} = 1,414$   
 „ empotrado, „ = 2

La fórmula de Barré se expresará así tratándose de estos casos.

Para los postes no empotrados

$$P = \frac{S K}{1 + 0,0060 \left(\frac{l}{c}\right)^2}$$

Para los semiempotrados

$$P = \frac{S K}{1 + 0,0030 \left(\frac{l}{c}\right)^2}$$

Para los empotrados ya sabemos cómo se escribe.

C) *Resistencia al corte por cizallamiento.*—El cizallamiento de las maderas, paralelamente a las fibras, es decir el resbalamiento de unas fibras sobre las otras, bajo un esfuerzo de tracción, producido por fuerzas paralelas opuestas y contiguas, es un modo de ruptura que se presenta frecuentemente en la práctica.

Uno de los procedimientos más sencillos para verificar esa resistencia es el empleado en el laboratorio de San Luis, por el profesor Johnson, que procedía de la manera siguiente:

Las muestras de ensayo, talladas en sección cuadrada, de 0,05 de lado, y teniendo 0,20 de largo, se hallan perforadas, cerca de cada uno de sus extremos por una entalladura rectangular de 0,025 de ancho, dichas entalladuras hallándose dirigidas en ángulo recto una con respecto a la otra. Por cada una pasa una chaveta rectangular del mismo espesor que la entalladura, sujeta por los extremos a un estribo que a su vez se halla unido a las mandíbulas de una máquina de tracción.

Se hace funcionar la tracción y entonces se anota la fuerza que ha sido necesaria para producir el cizallamiento en la entalladura.

D) *Flexión.*—Es el fenómeno que se produce en un cuerpo cuando se halla sometido a fuerzas que

obran, sea perpendicularmente, sea oblicuamente a su eje, de modo que le obliguen a adoptar cierta curvatura.

La física atómica explica el fenómeno de flexión dividiendo el cuerpo que lo padece en dos zonas: la de las fibras colocadas del lado de la convexidad de las piezas se alargan, y las que se hallan al lado de la concavidad se contraen; el fenómeno puede así, descomponerse en dos, en uno de compresión para unas fibras y de extensión para otras.

Esos alargamientos y esas contracciones van disminuyendo de la superficie a la parte interior del cuerpo, de suerte que existe entre las fibras alargadas y las contraídas una capa que no padece variación alguna, zona que recibe el nombre de capa de fibras neutras o simplemente fibras neutras.

Esta capa de fibras neutras pasa por los centros de gravedad de las secciones del cuerpo, y es, por consiguiente, el lugar geométrico de los centros de gravedad de las secciones.

No puedo entrar aquí a desarrollar la teoría de la flexión ni las leyes a que obedece, sólo haré notar, después de lo dicho, que la disposición del material en una zona o en otra, modifican la posición de la capa neutra, y por consiguiente, la mayor o menor curvatura de la pieza.

La disposición de ésta, según se halle simplemente apoyada o empotrada por los extremos, es también un punto capital y que influye primordialmente en el problema.

Las maderas no pueden hacer excepción a esos principios generales y las leyes de flexión les son aplicables; pero con la diferencia de que mientras el cálculo tratándose de materiales homogéneos es siempre exacto y preciso, en lo que atañe a las maderas es sólo aproximado, ya que jamás una fórmula que resulta matemáticamente exacta respecto de un leño, puede serlo tal respecto de otro, cuyas condiciones de crecimiento, etc., han sido diversas.

La fórmula general aplicable a la carga de una viga que reposa libremente por sus dos extremos es



$$\frac{pl^2}{8} = K \left( \frac{I}{N} \right)$$

en la cual,

$pl$  = carga total de la viga en kilogramos,

$K$  = coeficiente de seguridad, y

$\frac{I}{N}$  = modulo de la sección.

Las reacciones sobre los apoyos son cada una de mitad de la carga. Con respecto a un apoyo no queda al medio otra cosa que  $\frac{p}{2}$  a la distancia  $\frac{l}{2}$  de cada punto de apoyo.

El momento de flexión es así

$$M = \frac{p}{2} \times \frac{l}{2} = \frac{1}{4} pl = \frac{pl}{4}$$

La sección más peligrosa hallándose en el punto de aplicación de la carga  $p$ .

Si la sección es rectangular y si llamamos  $h$  la altura de la sección y  $b$  la base, el modulo de la sección es

$$\frac{I}{n} = \frac{bh^2}{6} = \frac{Sh}{6}$$

puesto que  $S = bh$  es la sección transversal de la viga.

Reemplazando en la fórmula general  $\frac{I}{N}$  por su valor

$$\frac{pl^2}{8} = KS \frac{h}{6}$$

$$pl = \frac{8}{6} KS \left( \frac{h}{l} \right) = \frac{4}{3} KS \left( \frac{h}{l} \right)$$

Si  $K$  y  $S$  se expresan en centímetros, el cociente  $Q$

$$Q = \frac{pl}{S} = \frac{4}{3} K \left( \frac{h}{l} \right)$$

que es la carga media de flexión por centímetro cuadrado en la sección  $S$ . De lo que resulta que  $Q$  es proporcional a  $\frac{h}{l}$  y que la expresión numérica de la carga es

$$pl = QS$$

Pero, vuelvo a repetirlo, como las maderas no presentan estructura homogénea, las desviaciones de sus fibras ejercen influencia capital en su resistencia a la flexión.

La aplicación de las fórmulas ha de tomarse, pues, tal cual debe hacerse, con un valor sólo aproximativo, que debe conducir a no hacer trabajar jamás el material lo que la ley permite, sino una cantidad mucho menor.

Si las maderas son de sección circular, el cálculo no es tampoco difícil. Comparando el modulo de sección del cuadrado con el del círculo inscrito, se puede notar que éste es aproximadamente los  $\frac{3}{8}$  de aquél; de donde hemos de deducir que la carga uniforme de flexión del cilindro es aproximadamente los  $\frac{3}{8}$  de la viga de sección cuadrada que pueda circunscribirse a la circular, siendo dable considerar igual el coeficiente de trabajo.

Para los ensayos a la flexión he tomado varillas de sección cuadrangular de  $0,05 \times 0,05$ , entre apoyos equidistantes de 1,50; la carga de prueba fue colocada en la mitad, es decir a 0,75 de cualquiera de los apoyos. He cuidado, en especial, que las caras sean prolijamente perpendiculares dos a dos.

Para evitar los cortes o deformaciones que pudiesen provenir de la anilla de los pesos o de la arista viva del apoyo, dispuse calas de cuero, cuyo peso puede sin error apreciable despreciarse.

Como peso fue utilizada el agua, que se vertía poco a poco y perfectamente regularizada y medida en un reci-

piente de un metro cuadrado de volumen. La experiencia se llevó a cabo con cargas graduales sucesivas, aumentando la flexión proporcionalmente a la carga hasta el límite de elasticidad, y luego hasta la ruptura.

La intensidad de la carga no fue aplicada por más de cinco a diez minutos al máximo. Para medir la flecha se dispuso de un hilo de acero muy fino a la altura de la pieza, en situación normal sobre los apoyos: pero independientemente de éstos, a fin de que no sufriera variación alguna de nivel; las distancias fueron medidas por medio del vernier, capaz de dar el décimo de milímetro.

Así he podido formar el siguiente cuadro de flechas:

PESOS	FLECHAS	PESOS	FLECHAS
1 kgmo.	0,0020	16 kgms.	0,0062
2 kgms.	0,0022	20 "	0,0102
3 "	0,0022	30 "	0,0145
4 "	0,0025	40 "	0,0190
5 "	0,0026	50 "	0,0204
6 "	0,0028	60 "	0,0242
7 "	0,0031	70 "	0,0242
8 "	0,0034	80 "	0,0248
9 "	0,0038	100 "	0,0265
10 "	0,0040	110 "	0,0271
12 "	0,0046	220 "	ruptura
14 "	0,0050		

Habiéndose anotado el punto en que se produce la ruptura, se puede deducir la tensión  $R$  de la fibra de ruptura por medio de la fórmula de Baushinger, que dice que

$$R = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

Este trabajo es considerado por Baushinger como medida fiel de la madera ensayada; y así lo creo, pues da la medida de la fuerza viva que puede absorber la pieza hasta su ruptura. Pero, es claro que este valor es teórico; ya que lo natural es apreciar el trabajo de resistencia que efectivamente es capaz de soportar la pieza en aquellas condiciones en que aún puede permanecer en servicio, es decir sin ruptura ni deformación que la inutilice; el profesor Johnson dice que tal límite es aquél en que desaparece la proporcionalidad entre las cargas y las flechas, en nuestro caso, a los 60 kilogramos.

He podido notar en los ensayos hechos que la resistencia a la ruptura por flexión y el módulo de elasticidad disminuyen sensiblemente para maderas húmedas, dependiendo en mucho la menor resistencia de la cantidad de líquido imbibido. No me ha sido dable determinar la ley de variación a este respecto; pero sí puedo asegurar que la disminución muy rápida al comienzo, se modera luego hasta convertirse en proporcional a la cantidad de agua imbibida.

Después de ensayar el eucaliptus para estos esfuerzos clásicos, por decirlo así, y comunes a todo material y no sólo a la madera, conviene examinar cuál es su resistencia al desgaste por fricción y al choque. Dado que esa determinación sería útil, en especial, para saber si la madera de eucaliptus es o no apta para adoquines, y sabiendo de antemano que no lo es, pues no resiste en absoluto a la humedad, podemos por hoy pasar por alto las observaciones al respecto.

## VIII

Lo dicho hasta aquí manifiesta que la madera en general, y por consiguiente la de eucaliptus, no puede ser considerada bajo el punto de su resistencia sino en condiciones aproximadas; una regla precisa al respecto no es posible. No nos encontramos, en efecto, como tratándose de los metales, ante cuerpos homogéneos y compactos, de composición uniforme y de las mismas cualidades cualquiera que fuera su proveniencia; la madera es

un cuerpo poroso, esponjoso, cuya porosidad y vacíos varían con cada especie y aún con cada ejemplar; y, en fin, respecto del cual el estado higrométrico del medio modifica la plasticidad.

Los estudios y observaciones deben, pues, ser mucho más numerosos que tratándose de otros materiales y las cifras no han de considerarse sino como medianas, que han de aplicarse con muy grande discreción.

Como he notado en los ensayos, la disminución de la pieza tiene que tener grande importancia; puesto que según que la madera provenga sólo de capas interiores o de sólo superficiales, será más resistente o nó; en todo caso me parece que es menester que abrace varios crecimientos.

## CONCLUSIONES

De lo dicho puedo deducir:

Que la madera del *eucalyptus globulus*, criado en la serranía ecuatoriana, como madera de construcción es de mediana calidad, no ofreciendo ningún carácter mecánico que la distinga como superior.

Que su disecación es lenta en extremo; produciéndose, al vaciarse sus vasos, contracciones que originan curvaturas.

Que se raja bruscamente a causa de la contracción de los radios medulares hacia el corazón del árbol, por lo que no conviene dejar los troncos a la intemperie sin aserrarlos.

Que su larga fibra le habilita como madera de construcción resistente, cuando ha llegado al máximo de su disecación.

Que la humedad la descompone con suma rapidez, debiendo evitarse, por lo mismo, su empleo en sitios en donde pueda ser atacada por ella.

Quito, Julio 16 de 1918.

TOBAR Y BORGÑO.