

53

2 ej^o



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**CAPACIDAD DE CONDUCCION EN EL
XILEMA RADICAL DE Zea mays L.
A DIFERENTES NIVELES**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A
LUCINA DIAZ GARDUÑO

DIRECTOR DE TESIS
DR. EMIL MARK ENGLEMAN CLARK

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
CAPACIDAD DE CONDUCCION EN EL XILEMA RADICAL DE Zea mays L.A
DIFERENTES NIVELES
realizado por La Pas. de Biol. Lucina Díaz Garduño
con número de cuenta 6301505 , pasante de la carrera de BIOLOGO
Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis		
Propietario	DR. EMIL MARK ENGLEMAN CLARK	<i>E. Mark Engleman</i>
Propietario	DR. HERMILO JORGE QUERO RICO	<i>H. Quero Rico</i>
Propietario	M.C. SONIA VAZQUEZ SANTANA	<i>S. Vazquez</i>
Suplente	M.C. GUILLERMINA MURGUIA SANCHEZ	<i>G. Murguía</i>
Suplente	M.C. SILVIA ESPINOSA MATIAS ENCI	<i>S. Espinosa</i>

[Firma]
Consejo Departamental de Biología
M. en C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA
COORDINADOR DE LICENCIATURA DE
BIOLOGÍA DE BIOLÓGIA

DEDICATORIA

A la Memoria de mi Madre Juanita (Q.E.P.D.),
con todo mi cariño.

A mi padre, Sr. Fidencio Díaz Jiménez,
con cariño.

Por sus enseñanzas y apoyo moral a lo largo de mi existencia.

A mi esposo, José Rico Cerda,
con gran amor,
por su apoyo y comprensión.

A mi hija Rosa Miriam,
con todo mi amor.

A Isabel, Vicky, Mary y Lety
por su amistad y apoyo incondicional
en algún momento:
Gracias, con cariño.

A mis hermanos
Roberto
Porfirio
Fide
Guillermo
Enrique
Rosa M^a
M^a del Pilar
y Claudia:
con gran cariño.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas e instituciones que de alguna forma contribuyeron para la realización de este trabajo:

Al Dr. E. Mark Engleman, por haberme sugerido el tema de investigación, por su valioso apoyo en diferentes aspectos y por sus enseñanzas.

Al Dr. Hermilo J. Quero, por haber aceptado formar parte de mi jurado y ser el asesor interno por parte de la Facultad de Ciencias. Así mismo, le agradezco sus valiosas sugerencias en la revisión del texto.

Quiero hacer patente mi agradecimiento a la entonces Rama de Botánica del Colegio de Postgraduados, Chapingo, Edo. de México, por haber otorgado las facilidades para la realización del trabajo de laboratorio en esa institución.

A la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, por las facilidades y el apoyo brindado para concluir el presente y realizar los respectivos trámites de titulación.

Al M.C. José Antonio Santizo Rincón por el asesoramiento en lo relativo a los análisis estadísticos.

Al Ing. Jesús García Villalpando del Centro de Estadística y Cálculo por su ayuda para la codificación y análisis de los datos.

Al Ing. Oscar A. Arana Coronado por su amistad y apoyo en algún momento.

A Iván Cuevas, por su ayuda en la captura del presente texto.

A Carlos Díaz, por su ayuda en las correcciones e impresión final del texto.

Al M.C. José Luis Figueroa Velazco por su ayuda en la parte gráfica y en asesorías de estadística.

CONTENIDO

	pág
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
2.1. Anatomía de la raíz en monocotiledóneas.....	2
2.2. Estructura del embrión y plántula de <u>Zea mays</u> L.....	5
2.3. Sistema radical de <u>Zea mays</u> L.	
2.3.1. Raíces seminales: raíz primaria, raíces del escutelo y mesocótilo .	7
2.3.2. Raíces adventicias: del coleóptilo y del 1º al 8º nudos del tallo....	10
2.4. Fisiología de la conducción del agua.....	12
2.5. Generalidades sobre conductividad.....	13
III. OBJETIVOS.....	26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1. Material genético.....	27
4.2. Cullivo de plantas en el campo.....	28
4.3. Sistema radical de <u>Zea mays</u> L.....	29
4.4. Método de preparación del material en el laboratorio.....	31
4.5. Método de cálculo y estudio microscópico.....	34
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	
5.1. Descripción de la raíz primaria.....	41
5.1.1. Raíces por nivel.....	43
5.2. Análisis de correlación lineal.....	45
5.3. Descripción de gráficas	
5.3.1. Media del área de los elementos de vaso por raíz en cada nivel .	47
5.3.2. Media de la capacidad de conducción de los elementos de vaso por raíz en cada nivel.....	49

5.3.3. Capacidad de conducción total de los elementos de vaso, en relación al área total de raíces en cada nivel.....	51
5.3.4. Capacidad de conducción de una raíz en cada nivel en función del diámetro de la raíz.....	54
5.3.5. Capacidad de conducción total de raíces por planta en cada nivel en relación al diámetro del nudo.....	56
5.4. Coeficiente de variación (CV)	
5.4.1. CV para el área de los elementos de vaso por raíz en cada nivel.....	58
5.4.2. CV para la capacidad de elementos de vaso por raíz en cada nivel.....	58
5.5. Descripción histológica.	
5.5.1. Corte Transversal de una raíz coleoptilar.....	61
5.5.2. Corte transversal de una raíz del quinto nudo.....	62
5.5.3. Corte transversal del área nudo.....	63
5.5.4. Corte transversal de una raíz del octavo nudo.....	64
VI. DISCUSIÓN.....	63
VII. CONCLUSIONES.....	73
VIII. LITERATURA CONSULTADA.....	75
IX. APÉNDICE.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

	pág
CUADRO 1. Tipos de raíces: claves utilizadas en el texto	31
CUADRO 2. Variables simples (A-I) y variables compuestas (J-P)	36
CUADRO 3. Constantes para el uso de oculares	37
CUADRO 4. Formulario y simbología utilizada	40
CUADRO 5. Número de raíces por nudo, cuantificadas y evaluadas en este estudio	44
CUADRO 6. Coeficientes de correlación lineal simple entre las variables estu..... diadas simples y compuestas.....	45
CUADRO 7. Coeficiente de variación para la media del área de los elementos de vaso por raíz en cada nudo	47
CUADRO 8. Coeficiente de variación para la media de la capacidad de los elementos de vaso por raíz en cada nudo	49
CUADRO 9. Valores del área y capacidad de conducción de los elementos de vaso en cada nivel, diámetro de nudos, diámetro de raíz y número de plantas	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág
FIGURA 1. Esquema en sección longitudinal del embrión de <i>Zea mays</i> L.	6
FIGURA 2. Sistema radical de <i>Zea mays</i> L.	30
FIGURA 3. Corte transversal de una raíz primaria	42
FIGURA 4. Media del área de vasos por raíz en cada nivel	48
FIGURA 5. Media de la capacidad de conducción de los elementos de vaso por raíz en cada nivel.....	50
FIGURA 6. Capacidad de conducción total de elementos de vaso en relación .. al área total de raíces por planta en cada nivel.....	53
FIGURA 7. Capacidad de conducción de una raíz en cada nivel, en función del diámetro de la raíz	55
FIGURA 8. Capacidad de conducción total de raíces por planta en cada nivel, en relación al diámetro del nudo	57
FIGURA 9. Corte transversal de una raíz coleoptilar	59
FIGURA 10. Corte transversal de una raíz del 5o. nudo.....	60
FIGURA 11. Corte transversal del acercamiento de una raíz del 5º nudo	61
FIGURA 12. Corte transversal de una raíz del 8o. Nudo.	62

Resumen

Esta investigación se realizó como una contribución al conocimiento del sistema de conducción del agua *Zea mays* L. raza tuxpeño.

Sus objetivos particulares fueron:

Deteminar teóricamente la capacidad de conducción a diferentes niveles en el xilema radical y encontrar una relación entre el diámetro de la raíz y su capacidad de conducción.

Las plantas se cultivaron en la Universidad Autónoma de Chapingo y se realizaron observaciones a los 56, 63 y 113 días de germinadas y se siguió la técnica histológica de inclusión en parafina utilizando el cambiador automático de tejidos (Engleman, com. per.).

Se midió el diámetro de los nudos del tallo y el diámetro de cada una de las raíces; así como las siguientes características anatómicas: el número de los elementos de vaso pequeños del metaxilema y el diámetro de los elementos de vaso grande del metaxilema en cada raíz. Se calculó el diámetro promedio de los elementos de vaso del metaxilema pequeño en cada raíz.

Para calcular el área y la capacidad de conducción teórica de cada una de las raíces, se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS, 1987).

Se encontró que la capacidad de conducción de agua en cada raíz aumenta del primer al tercer nudo de la planta, donde a partir de este último nudo, se torna irregular. Sin embargo se observa que la capacidad de conducción del total de raíces que existen por cada nudo se incrementa hasta el 8º nudo.

En general, el diámetro de cada raíz es proporcional a la capacidad de conducción teórica de los elementos de vaso por raíz.

También en el presente trabajo se encontró que el área de los elementos de vaso grande es directamente proporcional a la capacidad de conducción teórica de los elementos de vaso de cada raíz y el diámetro del nudo también es proporcional a dicha capacidad según el conjunto de raíces que existen en ese nudo.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios publicados en México (Wellhausen, *et al.*, 1951; Yáñez, 1972) en plantas son limitados, acerca de la anatomía y fisiología de la capacidad de conducción, particularmente sobre el xilema radical de Zea mays L. No obstante, el cultivo de esta especie tiene un interés extraordinario desde diferentes puntos de vista y se considera un elemento predominante en la vida social y económica de México.

La nomenclatura de las raíces utilizadas en este trabajo, corresponden a los criterios de Kiesselbach (1949) donde se consideró como raíces seminales a la raíz primaria, a las raíces del escutelo y mesocótilo, debido a que la raíz primaria se origina de la radícula y en estos últimos, se derivan del embrión.

En cortes transversales de las raíces, se midió el área de los elementos de vaso para calcular la capacidad de conducción teórica y se aplicó la ley de Poiseuille. El flujo de nutrientes y agua hacia las partes aéreas de las plantas está en función de la cantidad de elementos de vaso del metaxilema y su capacidad de conducción teórica por lo tanto, es de interés práctico contar con este tipo de estudios básicos, que nos permitan conocer cuantitativamente este proceso en el xilema radical del maíz.

II. ANTECEDENTES

2.1. Anatomía de la raíz en monocotiledóneas

La raíz es el órgano de la planta que se pone en contacto inmediato con el suelo, realiza un papel importante en el establecimiento de la plántula; entre sus funciones primarias se señalan: la fijación al suelo y la absorción y conducción de agua y sales minerales (Greulach y Adams, 1970).

Al realizar un corte longitudinal medio del embrión de Zea mays L. (Fig. 1A), se observa la coleorriza formada de células parenquimatosas que protegen el meristemo del ápice de la raíz y que al profundizar la raíz en el suelo se va desgastando y la restitución de dichas células se realiza por el meristemo radicular, que también produce células del cuerpo primario de la raíz. La región de alargamiento celular es más o menos corta y se prolonga conjuntamente con la zona de diferenciación, en donde las células continúan agrandándose y algunas todavía se dividen. Adquieren las características típicas de los diferentes tejidos que formarán el cuerpo primario del eje radical. En la parte superior se encuentra la región de maduración, donde los tejidos alcanzarán su estado adulto (Hayward, 1953). En un corte transversal de la raíz en la región de maduración, se observa a la epidermis uniestratificada, formada por células alargadas, de paredes delgadas y sin cutícula (Esau, 1959); estas células desarrollan evaginaciones con lo que se logra un aumento en la superficie de absorción y se conocen como pelos absorbentes, los cuales mueren pronto y son restituidos en la

misma proporción (Greulach y Adams, 1970). A menudo se presenta una exodermis en las raíces de monocotiledóneas como tejido protector, impregnado de suberina en sus paredes. La exodermis está integrada por uno o varios estratos localizados debajo de la epidermis y es el estrato más externo de la corteza primaria. Bajo la exodermis se localiza la parte media de la corteza primaria de estructura homogénea o variada según los tipos de células que la conforman, generalmente son de parénquima, a veces forma esclerénquima (Esau, 1959). Estas células se disponen radialmente y con frecuencia se observan espacios intercelulares esquizógenos, formados en las primeras fases de la ontogenia. En Poaceae y Cyperaceae también se desarrollan espacios intercelulares grandes lisígenos (Fahn, 1974). El estrato más interno de esta corteza primaria corresponde a la endodermis, la cual rodea al cilindro vascular primario. En las paredes radiales y transversales de las células de la endodermis se distinguen las bandas de Caspary formadas de lignina, también se hacen notables los plasmodesmos, excepto donde existen dichas bandas, porque hay una fuerte unión de la membrana plasmática con la pared celular (Bonnett, 1968, citado por Fahn, 1974). Las bandas de Caspary y los estadios sucesivos de desarrollo de la pared celular típica aparecen primero en las células situadas hacia el floema y después en las células situadas hacia el xilema, donde se diferencian tardíamente, a estas células se les denomina comúnmente "células de paso", porque permiten la comunicación de sustancias entre la corteza primaria y el cilindro central (Fahn, 1974).

El sistema vascular está rodeado por células del periciclo, el cual está constituido por una o más estratos de células, los cordones de xilema se localizan hacia la periferia del cilindro vascular, alternando con los cordones de floema. El periciclo en las

monocotiledóneas y dicotiledóneas forma raíces laterales. En la raíz la maduración de los elementos de vaso se presenta de la periferia al centro, quedando el protoxilema más externo que el metaxilema; para el floema la maduración se realiza en la misma forma. En Zea e Iris, los elementos de vaso del metaxilema forman un círculo en torno a la médula (Fahn, 1974).

En las monocotiledóneas las raíces adventicias son poliarcas por presentar gran número de grupos de protoxilema, existiendo una correlación entre el diámetro del cilindro vascular y el número de grupos de protoxilema (Fahn, 1974).

2.2. Estructura del embrión y plántula de Zea mays L.

El embrión está formado por el ápice del tallo, la raíz primaria, y las raíces que corresponden al nudo escutelar y al mesocótilo, la coleoriza y el escutelo. El mesocótilo se sitúa entre el nudo coleoptilar y el nudo escutelar del brote. Un plexo vascular está presente en el nudo escutelar, el cual conecta el sistema vascular de la raíz con el del tallo y del escutelo. Cuando el cariósido está maduro, el tallo está bien desarrollado y presenta 5 a 6 primordios foliares. El eje del tallo a veces se comprime lateralmente. El coleóptilo incluye el ápice del tallo y los primordios foliares (Fig. 1A). La función del mesocótilo es empujar el ápice del tallo hacia arriba, hasta la superficie del suelo por alargamiento, cesando el crecimiento en presencia de la luz solar (Tucker, 1957).

En etapa de plántula, el primer primordio foliar que se encuentra próximo al coleóptilo se forma en el mismo lado que el escutelo. Las hojas sucesivas se disponen dísticamente y sus nervaduras centrales se localizan en el plano medio sagital del embrión. Dos pares de raíces adventicias se originan en la vecindad del nudo escutelar (Fig. 1B) (Tucker, 1957).

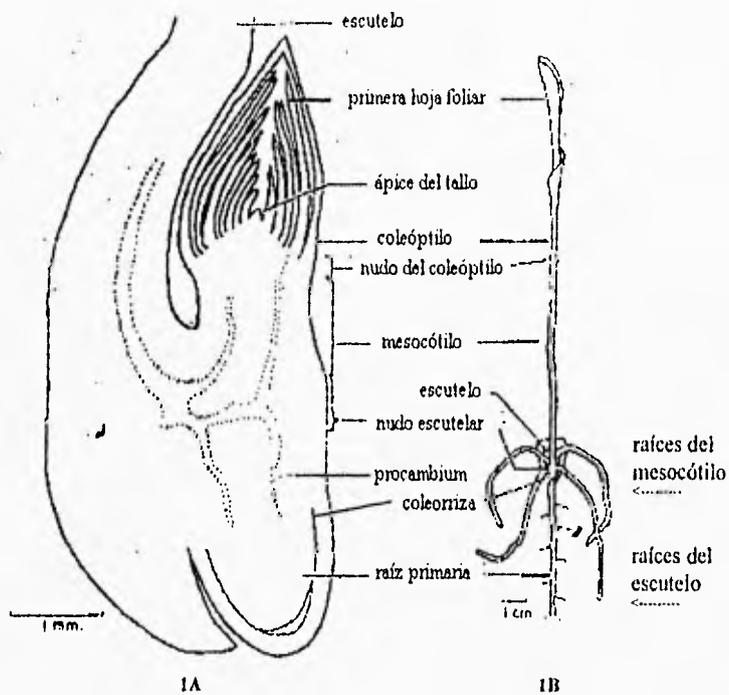


Figura 1A. Diagrama en sección longitudinal del embrión de *Zea mays* L. Se señalan: la raíz primaria y raíces del escutelo y mesocótilo, así como el ápice del tallo con los primordios foliares.

Figura 1B. Una plántula etiolada de 10 días, donde se señalan: la raíz primaria y las raíces seminales (tomado de Tucker, 1957).

2.3. Sistema radical de Zea mays L.

2.3.1. Raíces seminales

Kiesselbach (1949) indica que desde el estado embrionario en el maíz se presentan raíces denominadas "seminales" (Figs. 1A y 1B), que a menudo son llamadas temporales, pero se ha comprobado que éstas pueden persistir y funcionar durante toda la vida de la planta. Las raíces seminales básicamente están conformadas por la raíz primaria, las del nudo del escutelo y las del mesocótilo. Wiggans (1916, citado por Kiesselbach, 1949) señala que se pueden presentar de una a trece raíces seminales por planta y el crecimiento de estas raíces se inicia en forma horizontal y posteriormente el extremo radicular se dirige hacia abajo. Hays (1889, citado por Kiesselbach, 1949) observó que el patrón respecto al cambio de dirección de las raíces seminales, es el resultado de temperaturas inferiores que existen en la profundidad del suelo cuando estas se están formando y esto ocurre después de 4 semanas cuando la temperatura aumenta. En conjunto, estas raíces seminales realizan una función muy importante durante el crecimiento temprano de la plántula, antes que se establezcan las raíces adventicias de los entrenudos superiores. En general las raíces del escutelo y mesocótilo son más pequeñas que la raíz primaria y con menos polos de protoxilema (Hayward; 1953).

El mesocótilo difiere en estructura y alargamiento de los otros entrenudos del tallo, su crecimiento se localiza abajo del nudo del coleóptilo en el extremo superior y en los

otros entrenudos la región de crecimiento se encuentra ubicada exactamente en la base del entrenudo (Fig. 1B).

Van Tieghem (1872, citado por González, 1971) considera al mesocótilo como un nudo alargado, situado entre el escutelo y el coleóptilo, partes constituyentes del cotiledón. De Bary (1884, citado por González, 1971) propone que el mesocótilo representa el primer entrenudo del epicótilo.

Sargent y Arber (1915, citados por González, 1971) consideran al escutelo como un ápice haustorial del mismo cotiledón, el coleóptilo como vaina del cotiledón y el mesocótilo refleja la fusión del hipocótilo con el peciolo invertido del cotiledón y que por lo tanto no es un nudo, ni un entrenudo. Posteriormente Arber (1934, citado por Tucker, 1957) cambia su punto de vista respecto a la naturaleza del mesocótilo de avena, considerándolo como un nudo debido al alargamiento del nudo cotiledonar. Más tarde la interpretación se ha basado en la presencia de un meristemo intercalar cerca del nudo coleoptilar y la traza escutelar invertida. Estos rasgos no han sido encontrados en el resto de las gramíneas.

Avery (1930) y Boyd (1931) apoyan la teoría de De Bary (1884, citados por González, 1971) en que el mesocótilo es un entrenudo.

McCall (1934) propone que "el mesocótilo es el segundo entrenudo" e indica que el primer nudo está representado por la red vascular que separa la raíz del tallo y que el segundo nudo se sitúa a nivel de divergencia del escutelo.

De acuerdo a González (1971) la función principal del mesocótilo es la de empujar el vástago al exterior por alargamiento. El crecimiento del mismo se inhibe por efecto de la luz y de temperaturas mayores de 25° C. Inge y Loomis (1937, citados por González, 1971) observaron en una variedad de maíz que resultó de cruzar el híbrido dentado y la raza "Hopi Indian", que el alargamiento del mesocótilo en plántulas etioladas depende de una cantidad constante de auxinas, las cuales a su vez inhiben el desarrollo de la plúmula y raíces adventicias. Cuando el ápice del coleóptilo es decapitado y se expone a la luz ultravioleta o a una temperatura de 50°C por una hora, el mesocótilo ya no se alarga por falta de hormonas.

Avery (1930, citado por Hayward, 1953) indica que el escutelo es el cotiledón, y que "la estructura alargada entre el cotiledón y el coleóptilo, es el primer entrenudo del eje".

Avery y Boyd (1931, citado por González, 1971) indican que el coleóptilo es una hoja.

Celakovsky (1897) y Worsdell (1916, citados por Hayward, 1953) indican que el escutelo es homólogo a la lámina de una hoja. y al mesocótilo lo consideran un entrenudo.

Con base al análisis de la información recabada, se debe considerar al mesocótilo como el segundo entrenudo en una plántula de maíz.

2.3.2. Raíces adventicias

Concepto.- Se denominan raíces adventicias a las raíces que se desarrollan del hipocótilo en-etapa temprana, a las raíces que se desarrollan a partir del cuerpo primario y secundario de los tallos y a partir de las hojas. (Fahn, 1974).

Kiesselbach (1949) señaló que todas las raíces que se originan en el meristemo intercalar, en la base de los entrenudos inferiores del tallo, reciben el nombre de raíces adventicias (Fig. 2). Hayward (1953) encontró que las raíces adventicias de los nudos superiores son más grandes que la raíz primaria y tienen el doble del número de grupos de protoxilema.

Onderdonk y Ketcheson (1972, citados por Hoppe, *et al.* 1985) indican que es necesario aclarar y homogeneizar los criterios sobre la terminología referente a las raíces adventicias de maíz, excepto para la raíces seminales.

El uso del término adventicio en el sentido amplio, preferido por Esau (1965, citado por Hoppe *et al.*; 1985) se refiere a raíces originadas en las ramas viejas de las dicotiledóneas. En el presente estudio se acepta el criterio de Kiesselbach (1949).

Celakovsky (1897) y Worsdell (1916, citados por Hayward,1953) indican que al coleóptilo se le debe considerar como parte del cotiledón y semejante con la lígula de la hoja de las gramíneas; según Font Quer (1953) la lígula es un apéndice casi siempre membranoso que se localiza entre la lámina y la vaina de las hojas de las gramíneas.

Esau (1962) indica que el coleóptilo es un cono vacío con un poro pequeño en el ápice y comúnmente guarda primordios foliares. Arriba de la radícula se presenta el nudo del escutelo y las raíces adventicias (Fig. 2).

Avery (1930) y Boyd (1931, citados por González, 1971), apoyan la teoría de De Bary (1884), en lo que respecta a la semejanza del coleóptilo con un prófalo, es decir una hoja. Hayward (1953) opina que "el coleóptilo es homólogo al desarrollo de una hoja vegetativa y corresponde a la segunda hoja del eje de la plántula", aparece en el segundo nudo y crece hasta alcanzar el nivel del suelo. El primordio del coleóptilo se origina como una vaina abierta, pero posteriormente los bordes se unen en una estructura cerrada, quedando visible la línea de unión, principalmente cerca del ápice.

Weihing (1935, citado por Kiesselbach, 1949) observó que en promedio nueve entrenudos presentan raíces funcionales, ocho de los cuales se localizan bajo la superficie del suelo y uno arriba. En general el número de raíces se incrementa gradualmente y en promedio el 85% de las mismas son funcionales.

Las raíces adventicias se desarrollan en cada nudo del tallo, a partir del nudo coleóptilar. Respecto a las raíces del mesocótilo, señalan que frecuentemente estas no se desarrollan en el campo y en caso que aparezcan en los diversos niveles a lo largo del mesocótilo son pequeñas, no contribuyen significativamente al sistema radical y pronto desaparecen.

2.4. Fisiología de la conducción del agua.

El agua es vital para las plantas, es un constituyente del protoplasma hasta en un 95% ó más de su peso total; participa directamente en un gran número de reacciones químicas y entre otras funciones actúa como un medio para el movimiento de sustancias disueltas en el xilema y floema (Sutcliffe, 1977).

El agua presenta cierta viscosidad debida principalmente a las interacciones entre las moléculas del fluido, en su movimiento se genera una resistencia entre las partículas del fluido y las paredes de los elementos de vaso (Giles, 1969).

Raven y Curtis, 1971, indican que al succionar el agua del suelo a través de los pelos absorbentes, se crea una diferencia en el potencial de agua del suelo hacia la corteza primaria, por medio de un sistema llamado "apoplasto", que llega hasta el xilema (Raven y Curtis, 1971). Una diferencia de presión de una atmósfera permite sólo el ascenso de 10.3 m.; para subir más, se debe tomar en cuenta la gran capacidad de cohesión del agua. Al transpirar la hoja, el agua sale de las células del mesófilo, ocasionando presiones negativas en el xilema y al evaporarse ésta de la hoja, aumenta la tensión y permite el ascenso del agua. A esta teoría del movimiento del agua se le denomina "Teoría de la cohesión, tensión y transpiración".

2.5. Generalidades sobre conductividad

Luxová y Kozinka (1970) determinaron en forma experimental la capacidad de conducción de agua en raíces de maíz. Definieron la "conductividad absoluta" como la cantidad de agua que corre por un segmento radical (área total de corte transversal de raíces individuales) por unidad de tiempo ($\text{cm}^3\text{hora}^{-1}$) y a la "conductividad específica" como la cantidad de agua que corre por unidad de área (elementos de vaso de metaxilema grande + elementos de vaso de metaxilema pequeño = valor total de cada raíz) en la unidad de tiempo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-2}\text{hora}^{-1}$). Utilizaron una línea autopolinizada de maíz A15 (VIR 17), seleccionaron individuos más o menos semejantes e hicieron cortes de 5 mm de largo en la raíz primaria y en las raíces adventicias del primer al quinto nudo. Examinaron 10 segmentos de cada conjunto, las mediciones de la capacidad de conducción las llevaron a cabo según el método de Farmer (1918) y Berger (1931) con una modificación simplificada de Hüber y Schmidt (1937, citados por Luxová y Kozinka, 1970) bajo las siguientes condiciones: longitud del segmento radical de 5 mm; presión de 20 cm en una columna de mercurio; duración de la medición 15 minutos, con un tiempo previo de 5 minutos antes de realizar la medición; agua a 25°C; la medida del flujo del agua se determinó gravimétricamente. También estudiaron las estructuras del área de salida del flujo y evaluaron microscópicamente: el diámetro de raíz, el diámetro del cilindro central, el número de polos del protoxilema, el número de elementos de vaso grandes del metaxilema, así mismo midieron el lumen de cada uno de los elementos grandes y pequeños del metaxilema menos maduro. Evaluaron planimétricamente tres muestras de cada uno de los grupos de raíces, para ello elaboraron preparaciones fijas, posteriormente las proyectaron hacia un papel

fotográfico obteniendo negativos de 350X y evaluaron parte de los cortes de las raíces mayores, las cuales corresponden a los nudos superiores. Así mismo, midieron el lumen de cada uno de los elementos de vaso del metaxilema con diámetro mayor. La suma de todas las áreas significa el valor total del área conductora de agua. Con un aumento de 42X midieron el área de los cortes transversales completos de cada una de las raíces, así como el área que pertenece al cilindro central.

Riedl (1933, citado por Hüber, 1956) y Bovis (1962, citados por Luxová y Kozinka, 1970) indican que el valor cuantitativo de la conductividad experimental disminuye en relación al tiempo de medición, por lo que Briggs (1967, citado por Luxová y Kozinka, 1970) considera que los valores altos reportados experimentalmente en dicha conductividad deben considerarse como sobrestimados. Los valores de la conductividad absoluta se incrementaron gradualmente; en las raíces del quinto nudo ésta es igual a 21 veces el valor de la raíz primaria (Luxová y Kozinka, 1970) sin embargo, al comparar los valores de las áreas de los cortes transversales con los de la conductividad absoluta, observaron que ésta no es una función general del área del corte transversal y que existen diferencias estructurales cualitativas o cuantitativas entre los distintos tipos de raíces. Al realizar la conversión de la conductividad absoluta a la conductividad específica (Luxová y Kozinka, 1970) es decir, la suma de las capacidades individuales con base en el área, encontraron que el valor máximo de conducción específica corresponde a raíces del primer nudo (326%) y los valores gradualmente disminuyen para el segundo nudo (237%) y el tercer nudo (149%). La conductividad específica del resto de los nudos fue semejante cuando se expresó por unidad de área. En cuanto a los valores altos obtenidos en la conductividad absoluta en

las raíces del primer nudo, indican que esto puede ser explicado por haber encontrado grandes espacios de aire en la corteza primaria, lo cual pudo haber influido en la determinación de los valores de conductividad. No obstante, la proporción de tejidos conductores y no conductores están directamente relacionados con las diferencias en conductividad en los distintos tipos de raíces. Según Kojedzиков y Bozidarevic (citados por Luxová y Kozinka, 1970) los verticilos de las raíces de los tres primeros nudos tienen una función muy importante en el abastecimiento de agua a la planta, aún cuando el área del cilindro central sea pequeña.

Yáñez (1972) determinó cuantitativamente la capacidad de conducción teórica de raíces adventicias de los nudos de la segunda y tercera hoja con lámina de Zea mays L., entre los 55 y 65 días después de la siembra bajo condiciones de campo. Evaluó y estimó las diferencias de capacidad de conducción teórica en nueve razas de esta especie: apachito, blandito de Sonora, cristalino de Chihuahua, chapalote, dulce de Jalisco, gordo, palomero toluqueño, reventador y tuxpeño. Utilizó una modificación de la fórmula de Hagen-Poiseuille (Giles, 1969) y relacionó la capacidad de conducción teórica con la capacidad absoluta de Luxová y Kozinka (1970). Los resultados indican que la capacidad de conducción promedio en el segundo nudo es menor en la raza cristalino de Chihuahua ($0.338 \times 10^{-9} \text{ m}^3\text{seg}^{-1}$) y mayor en la raza tuxpeño ($2.3 \times 10^{-9} \text{ m}^3\text{seg}^{-1}$). En el tercer nudo se encontró la menor capacidad de conducción en la raza reventador ($2.4 \times 10^{-9} \text{ m}^3\text{seg}^{-1}$) y la mayor es para la raza tuxpeño ($3.615 \times 10^{-9} \text{ m}^3\text{seg}^{-1}$). Determinó que la raza tuxpeño en el tercer nudo, tiene una capacidad de conducción seis veces mayor respecto a la raza reventador; esto se debe a que en el tercer nudo se tiene un diámetro mas grande y mayor número de raíces; esta raza

también es más eficiente en su capacidad de conducción por nudo, ya que al comparar la capacidad de conducción de una raíz en el mismo nudo, el tuxpeño supera en cuatro veces a cualquier otra raza, por lo tanto, propone que la capacidad de conducción teórica se puede determinar desde el punto de vista físico y anatómico.

Baxter y West (1977) estudiaron la conductividad relativa del agua en árboles de manzano y cerezo. Evaluaron el flujo del agua que existe del suelo hacia la raíz a través del sistema vascular. Examinaron plantas con síntomas de enfermedad causados por las larvas del picudo Leptopius squalidus en las raíces de árboles frutales, y en plantas sanas. Las evaluaciones se hicieron en sistemas radicales enteros, en pequeños segmentos de estos sistemas radicales y en raíces individuales. Los valores de conductividad relativa obtenidos en manzano fueron: $18 \text{ cm}^3 (100 \text{ s})^{-1}$ (cm de longitud) $(0.001 \text{ Pas. kPa})^{-1} (\text{cm}^2 \text{ de área xilemática})^{-1}$, en las raíces principales suberizadas se encontraron valores de hasta 1.6 cm^3 para ramitas de un año y valores en árboles de cerezos normales de 26.3 y 3.3 cm^3 para raíces equivalentes. Indican que varios investigadores opinaron que en plantas herbáceas la resistencia radical se reduce por aumento de la transpiración, pero en manzano al subir la presión de 200 a 800 KPa , aumentó linealmente el flujo del sistema radical. Esto se debe a que raíces con xilema secundario tienen la conductividad relativa más grande por presentar mayor número de elementos de vaso más grandes.

Busscher y Fritton (1978) calcularon la conductividad en el sistema radical completo de avena entre los 45 y 55 días de desarrollo, el estudio se hizo en el cuello y ápices de raíz. Para ello simulaban el flujo a través del tejido xilemático y así midieron la

resistencia de este tejido al flujo del agua. El método contempló a una sola raíz principal y sus laterales, lo que permitió observar que a medida que la raíz es más vieja o de mayor longitud, el flujo disminuye. Además encontraron que en las primeras raíces laterales aumenta el flujo, y a medida que se añaden más de éstas, el flujo disminuye.

Giordano *et al.* (1978) midieron el flujo de la solución "Heller" en elementos de vaso del xilema del tallo fresco de chayote Sechium edule Sw, aplicando diferentes presiones y registrando el movimiento de un menisco en una pipeta en función del tiempo. Encontraron una discrepancia con la ley de Poiseuille, la cual es variable de vaso a vaso y llega a ser bastante diferente en algunas repeticiones con Sechium edule Sw. Los datos los obtienen de acuerdo a un coeficiente de impedimento k , que representa un parámetro para describir pérdidas de diferente origen. Mencionan que el hecho de conducir el flujo por un segmento de tallo, no implica que también deba conducirse igual en cada vaso individual, por el contrario, tienen comportamiento diferente entre ellos mismos, pues algunos muestran una relación de un 50% con la ley de Poiseuille y otros sólo 1% con dicha ley. Concluyen que la ley de Poiseuille no puede aplicarse en general para el régimen de flujo del experimento, porque la relación de flujo-presión no es lineal ni es monótonica y porque la medida del flujo es menor al valor esperado.

Cheadle (1942, citado por Carlquist, 1975) estudió la evolución de los elementos traqueales en las monocotiledóneas. Encontró que la especialización de elementos de vaso posiblemente sea más avanzada en la raíz, medianamente avanzada en los tallos y menos en las hojas. Esto puede explicar porque la mayoría de las monocotiledóneas

carecen de crecimiento secundario, por lo cual, para abastecer de agua a la planta después de una sequía, es necesario formar raíces adventicias con una gran capacidad de conducción.

Carlquist (1975) opina que las gramíneas tienen tejido vascular diseñado para hábitats donde se presentan fuertes fluctuaciones en la disponibilidad de agua y necesitan responder rápidamente a estas fluctuaciones produciendo raíces adventicias con una mayor capacidad de conducción. En la actualidad se considera a la presión radical como un fenómeno accesorio en el transporte del agua, el cual explica la translocación de agua en las monocotiledóneas. Probablemente cuando ocurre un rompimiento en las columnas de agua del xilema, la presión radical es la que proporciona la fuerza para impulsar dichas columnas, (Epstein, 1972, citado por Carlquist, 1975). En general, en los elementos de vaso de las raíces de las monocotiledóneas es donde se presentan los émbolos de aire, no así en tallos y hojas de plantas que carezcan de elementos de vaso (Carlquist, 1975).

El diámetro mayor de los elementos de vaso de metaxilema, está relacionado con una longitud corta, lo que implicaría una adaptación para desarrollar una capacidad de conducción mayor, puesto que las placas de perforación en los extremos de cada elemento de vaso favorecen el flujo entre los elementos de vaso (Carlquist, 1975).

Cheadle (1942, citado por Carlquist, 1975) indica que la variación del diámetro de los elementos de vaso en monocotiledóneas podría deberse a la necesidad adaptativa de la conducción y además a la presencia de presiones negativas en el xilema. La formación de elementos de vaso del metaxilema en tallos de gramíneas y de palmas

facilitan la conducción debido a la incapacidad de no poder desarrollar otro tejido de conducción adicional.

Scholander *et al.* (1965, citados en Carlquist, 1975), indican que en la parte superior de la planta, la tensión del xilema a la conducción del agua es mucho mayor, debido a que hay que vencer la fricción de las traqueidas (en el caso de monocotiledóneas con actividad secundaria) y la capilaridad de los elementos de vaso (en dicotiledóneas xerofíticas).

Carlquist (1975) manifiesta que en general, las monocotiledóneas tienen un tejido conductor mayor que las especies de dicotiledóneas leñosas mesomórficas (lianas y enredaderas), porque se desarrollan sólo durante la parte húmeda del año, por lo que la transpiración puede ser también grande, al igual que el área conductora del xilema. Y que en las plantas anuales, los elementos de vaso son angostos al final del periodo de crecimiento. Esto les permite conducir el agua bajo alta tensión una vez que se presente sequedad progresiva en el suelo.

Dimond (1963) trabajó con plantas de tomate y relacionó la ley de Poiseuille con la ley de Ohm, para calcular las velocidades de flujo de agua y las diferencias de presión en los haces vasculares, conociendo la velocidad de transpiración de cada una de las hojas. Estimó la resistencia de estos haces vasculares al flujo del agua por una modificación de la ley de Poiseuille y consideró el diámetro de los elementos de vaso en todos los haces vasculares. Utilizó un conjunto de ecuaciones lineales simultáneas para obtener las velocidades de flujo. De acuerdo con la naturaleza de la red vascular, se encontró dos tipos de haces vasculares en el tallo: haces vasculares grandes que

forman una red al unirse por encima de cada nudo y los haces vasculares pequeños, los cuales son independientes del peciolo desde un principio y después se unen en su extremo a los haces grandes donde presentan mayor resistencia al flujo. En relación a los haces vasculares grandes, se observó que la conductividad de los mismos disminuye de la base al ápice del tallo a diferencia de los haces vasculares pequeños que permanecen con una conductividad baja y es más o menos constante en toda la planta. Encontró que en la red de haces grandes ocurre un entrecruzamiento importante en los puntos de unión de un haz con otro y en los haces vasculares pequeños se produce un efecto significativo en las relaciones de flujo y presión de acuerdo a las leyes de Poiseuille y Ohm.

Hüber (1956) indica que en cualquier corte transversal se puede determinar el área de conducción relativa, estableciendo una relación con el área superficial de los órganos transpiratorios. Señala que el área necesaria de conducción de agua para que permita el mantenimiento de un gramo de peso seco o fresco es de aproximadamente 0.5 mm^2 . Esta área puede variar porque se ha observado que en medios húmedos y sombreados se producen menores áreas/unidad de peso mientras que en medios secos y soleados se producen mayores áreas conductoras por unidad de peso.

Filzer (1948, citado por Hüber, 1956) encontró que Rhynia, una planta primitiva presentó un área conductora sorprendentemente alta de $1.44 \text{ mm}^2/\text{dm}^2$, el dedujo que esta planta terrestre vivía en condiciones ambientales de resequedad donde vegetó, y

debido a la imperfección de su sistema conductor tuvo que formar áreas conductoras relativamente grandes.

Rübel y Braun-Blanquet (1919, citados por Hüber, 1956) determinaron el área conductora en el tallo de girasol. De acuerdo a la regla de Hagen-Poiseuille (denominada así de acuerdo a la prioridad de Hagen, antes de 1840) en condiciones constantes los elementos de vaso de diferentes diámetros van a contribuir a la conducción del agua de acuerdo a la cuarta potencia de su diámetro capilar. Observaron que en un elemento de vaso, la influencia de su diámetro se manifiesta en que la velocidad inicial del flujo de agua en la pared del mismo es cero, por lo tanto, la velocidad promedio del flujo de agua solamente puede alcanzar un medio de la velocidad que tiene en el centro del vaso.

Ewart (1905-1906, citado por Hüber, 1956) y Baxter y West (1977) observaron que la capacidad de conducción en un leño, correspondió según lo previsto por la regla de Poiseuille para el flujo del líquido en los capilares. La capacidad de conducción empírica varía de un medio a un tercio de la capacidad de conducción teórica. Estas diferencias se explican por la deformación de la forma circular del tubo, ya que el relieve de las paredes aumenta la resistencia al flujo y favorece las filtraciones transversales del flujo (Hüber, 1956).

Hüber *et al.* (1924-1925, 1928 y Hüber y Schmidt, 1937, citados por Hüber, 1956) presentaron la regla de Hagen-Poiseuille, para calcular teóricamente la capacidad de conducción de un elemento de vaso:

$$q = \frac{\pi}{8n} (p_1 - p_2) r^4 t$$

donde:

q = cantidad de líquido que pasa [$\text{m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$]

n = constante de viscosidad del agua a 20°C = $0.01 \text{ cm}^2/\text{seg}$

p_1 = presión inicial p_2 = presión final

$p_1 - p_2$ = gradiente de presión [$\text{atm} \cdot \text{m}^{-1}$]

r = radio del tubo [m]

t = tiempo [seg]

Para determinar la capacidad conductora específica (c.c.es.) que es la cantidad de agua que pasa por h. (3600 seg.) por cm^2 de área transversal de xilema, con una pérdida de carga de $1 \text{ atm/m} = 1033.981 \text{ dina/cm}$. Su valor es:

$$\text{c.c.es.} = 8.94 \times 10^{-9} d^4$$

donde:

d = diámetro capilar en micrómetros (μm).

Miller (1981) realizó un experimento en maíz para estudiar las dimensiones del sistema radical, en el cual utilizó un dispositivo para obtener medidas de la presión del flujo característico de las raíces. También obtuvo valores cuantitativos de las raíces expresadas como valores absolutos, para ello, se utilizaron las dimensiones físicas de las raíces. Describe dos métodos en el que se hacen las mediciones: el primero se refiere al número de secciones transversales de la raíz para evaluar la longitud de las mismas y sus ramificaciones en función de su diámetro. El segundo método se refiere a los cortes transversales para evaluar el área de la corteza, la endodermis, el estele y el cilindro central. El número de parámetros considerados para el agua y el flujo de solutos en la raíz fueron medidos y expresados en unidades por gramo de raíz. Se encontró que la conductividad hidráulica fue $0.4 \pm 0.13 \mu\text{L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{bar}^{-1}$.

Hoppe *et al.* (1986) realizó un estudio para conocer el número de raíces adventicias por nudo en la variedad seneca de maíz: en plantas cultivadas en invernadero y en campo, se obtienen alrededor de 70 raíces axilares, una de ellas es la raíz primaria, las otras se desarrollan en el tallo, una sola hilera en cada uno de los siete nudos basales, la mitad de estas raíces crece por arriba del nivel del suelo. El diámetro promedio de la raíz se incrementa en los nudos superiores, aproximadamente el 75% del metaxilema grande conduce entre el sistema de la raíz y del tallo.

En sus resultados reporta los siguientes datos:

Nudos

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cultivadas en el campo	4.1	4.5	5.6	6.7	10.7	17.5	21.1	23.4
Cullivadas en el invernadero	4.2	4.2	4.6	6.7	10.6	13.4		

Wenzel *et al.* (1989) estudió la capacidad de conducción en el sistema radical de maíz y otras gramíneas (raíz primaria y raíces adventicias) en relación al desarrollo de la plántula. En todas las especies estudiadas, las raíces lograron alcanzar longitudes de cerca de 30 cm. antes de que los elementos de vaso de metaxilema tardío maduraran y en las plantas jóvenes tuvieron una longitud de raíz aproximada de 100 cm. con elementos de vaso del metaxilema casi maduro. En promedio las plántulas de maíz tuvieron 36 cm² de área foliar, no presentaron elementos de metaxilema maduro. Se sugiere el nombre de "ápices inmaduros" para tales raíces largas pero no en cuanto a su función. Se estimó la permeabilidad longitudinal en las raíces de maíz que únicamente presentaron elementos de vaso de metaxilema temprano maduro. Para explicar los gradientes excesivos del potencial de agua que se pudieran desarrollar bajo estas condiciones.

Bissing (1982) estudió la variación cualitativa en las estructuras anatómicas y su relación con la disponibilidad de agua en 39 especies pertenecientes a 34 familias de dicotiledóneas leñosas. Las características más constantes fueron: el patrón de la red intervascular, presencia de engrosamientos helicoidales en las paredes de los elementos de vaso, el tipo de agrupaciones de los poros, la morfología de placas perforadas, la presencia de septos gelatinosos y fibras nucleadas, el tipo de elementos de vaso no perforados, la presencia de traqueidas vasculares y rayos histológicos. las variaciones en las características menos constantes tuvieron una interrelación predecible con los cambios en la disponibilidad de agua (la porosidad en el radio de las placas perforadas, la frecuencia de vasos aislados, etc.).

North (1991) estudió los cambios en conductividad hidráulica en relación a la anatomía de las raíces de Agave deserti impuestas durante la sequía y según la humedad del suelo que se presentó. Se observó que en 30 días de sequía, la conductividad hidráulica disminuyó menos del doble para las raíces adventicias maduras, 10 veces para las raíces adventicias jóvenes y más de 20 veces para las raíces laterales. Esta reducción se observó porque se incrementaron lagunas en la corteza de la raíz por la reducción de células colapsadas. El aumento en la suberización en la exodermis, la endodermis y la corteza adyacente a la endodermis en respuesta a la sequía coincidió con la disminución en la conductividad hidráulica.

III. OBJETIVOS

1. Determinar la capacidad de conducción teórica, en el xilema radical de Zea mays L. raza tuxpeño, a diferentes niveles de las raíces seminales y adventicias, desde el primer nudo hasta el octavo nudo de hoja con lámina.
2. Conocer la relación entre el diámetro de la raíz y su capacidad de conducción por raíz y por planta en cada nivel.
3. Conocer la relación entre el diámetro del nudo y la capacidad total de conducción del conjunto de raíces adventicias de cada nudo.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Material Genético.

Se utilizó Zea mays L., raza tuxpeño donada, por el Dr. Efraim Hernández Xolocotzi (q.e.p.d). La siguiente descripción fue tomada de Wellhausen et al, (1951).

La planta tiene una altura promedio de 2.7 m. y presenta dieciocho hojas de 95 cm. de largo por 10.5 cm. de ancho. La espiga tiene una longitud de 42.6 cm.

La mazorca tiene una longitud de 19.7 cm. y un diámetro promedio de 4.4 cm. presenta 12.6 hileras de granos. El grano mide 9.3 mm. de ancho y 3.7 de grosor.

De las características internas de la mazorca resalta el diámetro del olote de 26.5 mm. y el diámetro del raquis de 16.5 mm.

Es un maíz de ciclo vegetativo largo ya que requiere de 148 días de crecimiento para iniciar la floración.

Distribución.- La raza tuxpeño se cultiva desde Yucatán hasta el noreste de México y es la más importante de la costa del Golfo de México, donde se adapta desde 0 hasta 500 msnm. Muchas otras variedades de maíz (no del tuxpeño) del norte de Sonora, Chihuahua y Coahuila, que crecen en elevaciones de 500 a 1000 metros, muestran una marcada influencia genética del tuxpeño. Esta raza se considera intermedia entre las razas olotón y tepicintle comparten con ellas caracteres importantes. El tuxpeño es una de las razas más importantes por su influencia en las actuales razas agrícolas productivas de México y Estados Unidos de América y figura como antecesor de algunas de las razas más productivas y agronómicas de México como: celaya, chalqueño y cónico norteño.

4.2. Cultivo de plantas en el campo e invernadero.

El material fue sembrado en una parcela junto al invernadero de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en surcos de 6 m. de largo y 80 cm de ancho. Se utilizaron dos surcos y se fertilizaron con 200 g de sulfato de amonio (80 kg de N/ha) y 200 g de superfosfato de calcio simple (80 kg de P/ha) en cada uno de ellos. En cada surco fueron sembradas 13 semillas (la primera y la última no se utilizaron en el experimento funcionaron para la protección del cultivo), la distancia entre cada planta fue de 50 cm. Las plantas se sacaron del cultivo en tres fechas: cuatro a los 56 días (T1) en este estadio presentaba la octava y novena hoja con la ligula expuesta, 3 a los

63 días (T2) cuando presentaba la decimosegunda y decimotercera hoja y 6 a los 113 días (T3), cuando presentaba entre la décimo octava y vigésima hoja. Posteriormente se pusieron a germinar otras 29 semillas en vermiculita, con solución nutritiva preparada (Engleman com. per.) en las cuales a los 17 días se verificó el número de raíces (del escutelo y mesocótilo). Se realizó una selección de plantas y plántulas, utilizando únicamente 13 plantas completas y 4 plántulas, el resto de plantas no se utilizaron.

4.3. Sistema radical de Zea mays L. (Fig. 2).

El sistema radical de maíz está constituido por un grupo de raíces localizadas cerca del grano denominadas seminales (a), que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión, y su función es proporcionar nutrientes a la plántula en las primeras dos semanas a partir de la germinación. Otro grupo de raíces corresponde a las raíces adventicias, las cuales pueden alcanzar hasta 2 m de profundidad durante el desarrollo de la planta. En este grupo se incluyen raíces situadas cerca de la superficie del suelo, favorecen una mayor estabilidad a la planta y reducen el problema del acame (llamadas raíces de sostén por otros autores). Las raíces adventicias que se forman en los nudos más superiores, llamadas raíces aéreas por otros autores, no alcanzan el suelo (Parsons, D.B. 1981).

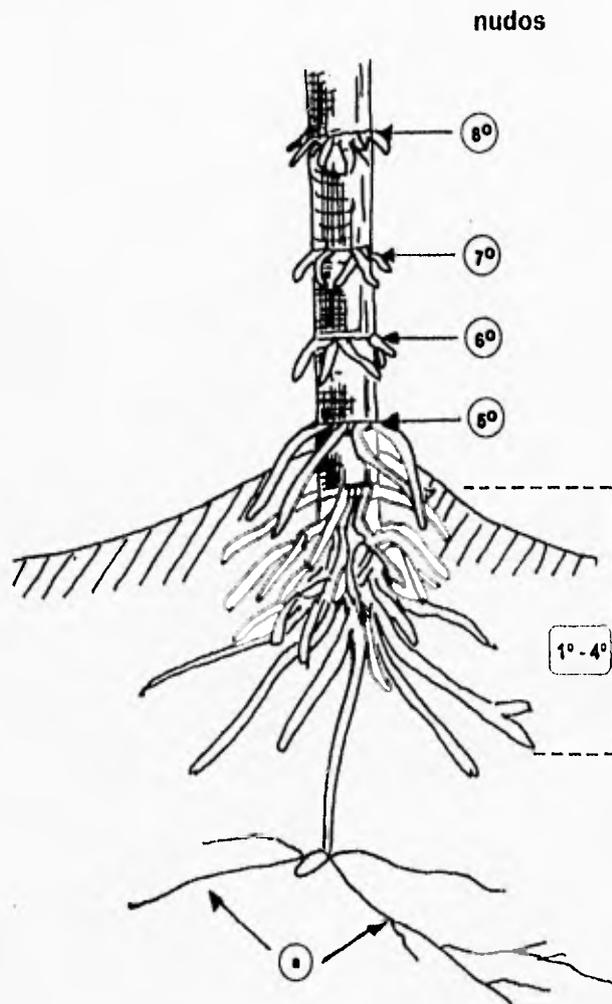


Figura 2. Sistema radical de Zea mays L. Se observan las raíces seminales (a), y las otras raíces adventicias de los nudos del tallo hasta el 8° nudo.

4.4. Método de preparación del material vegetal en el laboratorio.

A cada grupo de raíces se le anexó una etiqueta con su respectivo número y las especificaciones que aparecen en el Cuadro 1.

CUADRO 1. TIPOS DE RAÍCES: CLAVES UTILIZADAS EN EL TEXTO.

Nomenclatura inicial codificada.	Nomenclatura utilizada en el texto.
	raíces seminales
	91 = α = raíz primaria
	92 = β = raíces del escutelo y mesocótilo
	raíces adventicias de los nudos del tallo
	93 = γ = raíces del nudo del coleótilo
	1-8 = 1-8 nivel = raíces que nacen en los nudos de hojas con lámina

De cada raíz se desecharon los 5 mm próximos al tallo, los siguientes 5 mm hacia el ápice fueron fijados en mezcla de Craf III que se describe detalladamente a continuación.

El siguiente paso fue lavarlas en agua corriente durante 10 minutos para eliminar el exceso del fijador y pasarlas al cambiador automático de tejidos, donde se deshidrataron, aclararon e infiltraron de acuerdo a la técnica de inclusión en parafina, (Engleman, com. per.), cambiándolos posteriormente en las siguientes sustancias con tres minutos en promedio en cada una de ellas.

1. Etanol al 50%
2. Etanol al 70%
3. Etanol al 96% (dos cambios)
4. Etanol al 100% (dos cambios)
5. Xileno-etanol 50%-50%, 1:1
6. Xileno al 100% (tres cambios)
7. Parafina 61°C

8. Parafina de Merck 6

1°C

Se formaron bloques de parafina con las raíces incluidas en una orientación adecuada y éstos se pegaron en trozos de madera para poder sujetarlos al micrótopo rotatorio y hacer cortes transversales a 10µm de espesor. Los cortes con parafina se colocaron en un portaobjetos previamente untado con adhesivo de Haupt y formalina, el cual a su vez se colocó en una estufa durante veinte minutos. Al retirarlos se escurrió el exceso de formalina; se volvieron a colocar en la estufa a una temperatura de 52°C durante 24 h como mínimo para adherir bien los cortes. Mas tarde los portaobjetos se colocaron sucesivamente durante tres minutos con la finalidad de remover totalmente la parafina y rehidratar los tejidos, en una serie de frascos Coplin conteniendo las siguientes substancias:

1. Xileno al 100% (dos cambios)
2. Xileno-etanol 100% 1:1.
3. Etanol al 100% (dos cambios)
4. Etanol al 96%
5. Etanol al 70%
6. Etanol al 50%

Posteriormente los cortes se tiñeron con azul de toluidina (Compuesta con 0.5% azul de toluidina, etanol al 30%) y con safranina-verde fijo (Engleman, com. per.)

Para teñir los cortes con azul de toluidina, se procedió de la siguiente manera:

1. Los portaobjetos con el tejido se sacaron del frasco de etanol al 50%.
2. Se Colocaron horizontalmente y se adicionó el colorante a cubrir los cortes durante diez min. o más, dependiendo del material.
3. Los cortes se lavaron en agua corriente.
4. Se deshidrataron nuevamente, invirtiendo el proceso de rehidratación señalado en la sección de rehidratación.
5. Se montaron en resina.
6. Se secaron en la estufa a 52°C.

Para teñir con safranina (Engleman, com. per.).

1. Se sacaron los portaobjetos del frasco de etanol al 50%.
2. Se pasaron los mismos al frasco con una solución de tanino (en una concentración de 0.5% de ácido tánico en etanol al 50%).
3. Se lavaron en agua corriente.
4. Se pusieron por lo menos durante una hora en safranina.
5. Se lavaron en agua corriente y en caso de quedar sobreteñidos se agregaron algunas gotas de ácido picrico.
6. Etanol al 50%
7. Etanol al 70%
8. Etanol al 96%
9. Se agregó el colorante verde fijo.
10. Etanol al 100% (dos cambios).
11. Xileno-etanol 100%, 1 : 1.
12. Xileno al 100% (tres cambios).
13. Se montaron en resina.
14. Se secaron en la estufa a 52°C

Al término de la elaboración de las preparaciones se procedió a realizar las mediciones correspondientes. (Anexo al final del texto).

4.5. Método de cálculo y análisis microscópico.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa informático Statistical Analysis System (SAS, 1987)

Para realizar el cálculo del área y la capacidad de conducción teórica de cada raíz, se tomó en cuenta las siguientes variables simples: diámetro de los ocho nudos del tallo, diámetro de raíces (F), conteo del número de elementos de vaso pequeños (H), estimación del diámetro promedio de estos mismos (G) y el diámetro de cada elemento de vaso grande (I) (Cuadro 2).

Para ilustrar el método de cálculo y el estudio microscópico, se ejemplifica con la planta 1, nudo 1 y raíz número 1, el método de cálculo del área y la capacidad de conducción teórica de la raíz; a partir de las mediciones F-I (Cuadro 2) y la obtención de los resultados de las variables compuestas J-P (Cuadros 2 y 3).

Para obtener el diámetro de la raíz, en mm. J:

$$J = F(zd),$$

$$J = 114 \times 0.0147 = 1.68 \text{ mm. diámetro de raíz No. 1}$$

donde:

- F = diámetro de la raíz en décimas de unidades oculares
- Zd = constante que resulta de la calibración del ocular para el diámetro de raíz en mm.

Para obtener el área de los elementos de vaso de la raíz, se utilizaron las variables G, H, I, K, L y M, que se encuentran en el Cuadro 2:

$$\begin{array}{ll}
 K = HG^2(z_{a1}) & K = 28 \times 6^2 \times 8.55 \times 10^{-12} = 8.6184 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \times 10^{-8} \\
 L = \Sigma(I^2)(z_{a1}) & L = 13914 \cdot 8.55 \cdot 10^{-12} = 1.1896 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \times 10^{-8} \\
 M = K+L & M = 1.28 \times 10^{-7}; \text{ área total de raíz N}^\circ 1, \text{ m}^2 \times 10^{-8}
 \end{array}$$

Para obtener la capacidad de conducción teórica de cada raíz, se utilizaron las variables G, H, I, N, O y P, que se encuentran en el Cuadro 2.

$$\begin{array}{ll}
 N = HG^4(z_{c1}) & N = 28 \cdot 6^4 \cdot 7.3 \cdot (10^{-23}) = 264,902 (10^{-23}), \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1} \\
 O = \Sigma(I^4)(z_{c1}) & O = 12,024,246 \cdot 7.3 \cdot (10^{-23}) = 87,776,996 (10^{-23}) \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1} \\
 P = N+O & P = 0.87803 (10^{-15}), \text{ capacidad total de raíz N}^\circ 1, \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}
 \end{array}$$

CUADRO 2. Variables simples (A-I) y compuestas (J-P).

Variables simples

A = Identificación de la planta

B = Identificación del nudo

C = Identificación de la raíz

D = Ocular usado (1 = Olympus, 2 = Leitz)

E = Número de la tarjeta que contiene los datos de las variables codificadas

F = Diámetro de la raíz en D.U.O. de 10X

G = Diámetro promedio de los vasos pequeños en una raíz, en D.U.O. de 45X

H = Número de los vasos pequeños por raíz, objetivo de 10X

I = Una serie de hasta 90 mediciones de diámetros de los elementos de vaso grandes en una raíz en D.U.O. de 45X

Variables compuestas

J = Diámetro de la raíz $J = F(zd)$ mm

K = Suma de las áreas de los vasos pequeños, $K = HG^2(z_a)$, $m^2 \times 10^{-5}$

L = Suma de las áreas de los vasos grandes, $L = \Sigma(l^2)(z_a)$, $m^2 \times 10^{-5}$

M = Área total de vasos, $M = K + L$

N = Suma de las capacidades de conducción de los vasos pequeños, $N = \Sigma HG^4(z_c)$, $m^3 \text{seg}^{-1}$

O = Suma de las capacidades de conducción de los vasos grandes, $O = \Sigma(l^4)(z_c)$, $m^3 \text{seg}^{-1}$

P = Capacidad total de vasos en la raíz identificada en A, B, C; $P = N + O$

CUADRO 3. Constantes para el uso de oculares. Para calcular diámetro de raíz, área y capacidad de conducción.

Fórmula	ocular 1 Olympus	ocular 2 Leitz
diámetro de raíz, mm (D.U.O. 10X) ⁻¹ J= F(zd)	zd ₁ =0.0147	zd ₂ =0.0131
área de vasos, m ² (D.U.O. 45X) ⁻² K= HG ² (za) L= Σ(l ²)(za)	za ₁ =8.55 (10 ⁻¹²)	za ₂ =6.83 (10 ⁻¹²)
capacidad de conducción teórica, m ³ s ⁻¹ (D.U.O. 45X) ⁻⁴ N= HG ⁴ (zc) O= Σ(l ⁴)(zc)	zc ₁ =7.3 (10 ⁻²³)	zc ₂ =4.7 (10 ⁻²³)

D.U.O. = décimas de unidad ocular, de medición por el microscopio

Nomenclatura
actual

zd = calibración del ocular para diámetro raíz, mm. (D.U.O.)⁻¹

za = calibración del ocular para área de vasos, m² (D.U.O.)⁻²

zc = calibración del ocular para capacidad de vasos, m³ s⁻¹ (D.U.O.)⁻⁴

Se aplicaron las fórmulas de Reynolds y de Hagen-Poiseuille, las cuales se encuentran en el Cuadro 4.

$$\text{Número de Reynolds} = R_r = 0.83$$

donde:

velocidad de agua de la raíz, = $1.2 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$

diámetro del vaso experimental, m

El número adimensional de Reynolds, sirvió para diferenciar el tipo de flujo, caracterizado por la viscosidad del fluido. El límite superior del número de Reynolds para el régimen laminar en tuberías es de cerca de 2000 (Giles, 1969), en los elementos de vaso del xilema es menor a esa cantidad.

Para estandarizar las mediciones microscópicas con el micrómetro ocular, se utilizó formulario y simbología recomendada por Giles (1969), los cuales se encuentran en el Cuadro 4.

Donde h = factor de conversión, resulta de enfocar el objetivo correspondiente con el micrómetro de platina, sobreponiendo las escalas de la platina y del micrómetro ocular, abarcando el máximo posible de estas escalas y buscando una correspondencia para aumentar la precisión entre dichas marcas, resultando el cociente de calibración (E. Mark Engleman, 1983 com.per.).

Relacionando las fórmulas 1, 2, 3, 4 y 5, del Cuadro 4, se obtiene la capacidad de conducción teórica, a partir del gasto, que es la cantidad de agua que pasa por un tubo por unidad de tiempo y cuya expresión matemática es el producto de la velocidad del líquido por el área; y la capacidad, es el gasto dividido entre la pérdida de carga unitaria.

Para un tubo la capacidad de conducción (cc) sería:

$$c.c. = \frac{\pi \omega d^4}{128 \mu} = \frac{\pi \omega (l)^4 (zd)^4 (10^{-3})^4}{128 \mu} = \frac{(3.14)(10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}) l^4 (zd)^4 (10^{-12}) \text{ m}^4}{128 (10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2})}$$

$$= (0.0245)(10^{-5}) l^4 (zd)^4 \cdot \text{m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \left\{ \begin{array}{l} 1.145(10^{-9}) l^4 \cdot \text{m}^3 \text{ seg}^{-1} \\ (zc_1) l^4 \end{array} \right.$$

$$2 \left\{ \begin{array}{l} 7.22(10^{-10}) l^4 \cdot \text{m}^3 \text{ seg}^{-1} \\ (zc_2) l^4 \end{array} \right.$$

c.c.v.= es la capacidad de conducción de un elemento de vaso, entonces la capacidad de conducción de una raíz (c.c.r.) sería:

$$c.c.r. = \Sigma c.c.v.$$

Asimismo, la capacidad de conducción de un conjunto de raíces, corresponderá a la suma total de la capacidad de conducción individual de cada uno de los elementos de vaso que existen en todas ellas.

CUADRO 4. FORMULARIO Y SIMBOLOGÍA UTILIZADA
(Tomado y modificado de Giles, 1969).

Área de círculo:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, m^2 \quad (1)$$

d = diámetro, m

g = aceleración de la gravedad, 9.81 m s^{-2}

Número de Reynolds

$$R_E = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu} \quad (2)$$

V = velocidad media, m s^{-1}

w = peso específico del agua, 1000 kg m^{-3}

adimensional

μ (mi) = viscosidad absoluta o dinámica del agua $10^{-4} \text{ kg. s. m}^{-2}$

Pérdida de carga unitaria:
(fórmula de Hagen Poiseuille)

$$p. c. u. = \frac{32 \mu V}{w d^2} = \frac{32 \nu V}{g d^2} \quad (3)$$

ν (ni) = viscosidad cinemática del agua,

$\mu \rho^{-1}, \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

adimensional

Gasto:

$$Q = \frac{V \pi d^2}{4}, m^3 s^{-1}$$

π (pi) = 3.1416, adimensional

Capacidad de conducción teórica:

ρ (ro) = densidad del agua,

$$c. c. = \frac{Q}{p. c. u.}, m^3 s^{-1} \quad (4)$$

$102 \text{ kg. s}^2 \text{ m}^{-4}, \text{UTM. m}^{-3}$

$$c. c. = \frac{V \pi d^2}{\frac{32 \mu V}{w d^2}} = \frac{\pi w d^4}{128 \mu} \quad (5)$$

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. Descripción de raíz primaria. (Fig. 3).

El estrato de células más externa de la raíz corresponde a la epidermis. La función más importante de este tejido es el de la absorción de agua y nutrientes. En la región de maduración, la mayoría de células epidérmicas se desarrollan en pelos absorbentes, con lo que se consigue un aumento en la superficie de absorción y a medida que crecen hacia afuera, las células se vacuolizan y el núcleo ocupa una posición terminal en el pelo en crecimiento. En seguida se localiza la corteza media primaria, la cual es semejante a la del tallo, difiere en que en este último no se presenta la endodermis y en la raíz sí. A continuación un estrato de células que corresponde a la endodermis la cual presenta engrosamientos de lignina en sus paredes radiales y transversales, son las bandas de Caspary, la función de la endodermis está relacionada con el paso de sustancias, desde aquí hacia los elementos del xilema. Inmediatamente se presenta un estrato de células parenquimáticas, con propiedades meristemáticas, que corresponde al periciclo, el cual va a originar raíces laterales, las que presionan hacia afuera a través de la corteza media primaria y de la epidermis.

El patrón de maduración de los tejidos internos de la raíz ofrece diferencias notables con el tallo: en la raíz la maduración del xilema primario se inicia en el margen exterior de los cordones provasculares, en tanto en el tallo comienzan en el margen interior.

Esta descripción corresponde a la Fig. 3 de los resultados y que Greulach y Adams (1970) señalan.

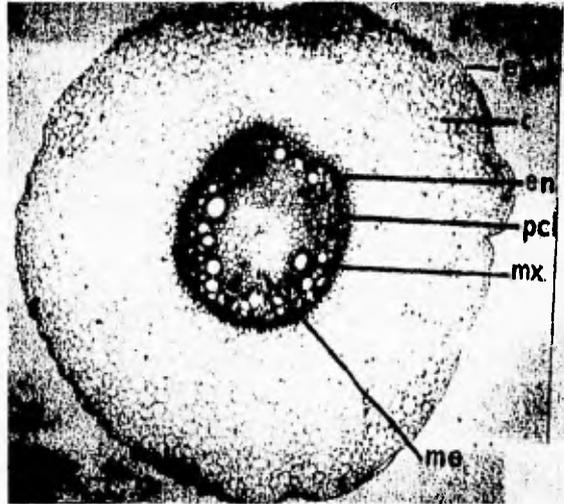


Figura 3. Corte transversal de una raíz primaria de maíz raza tuxpeño. La capa de células más externa corresponde a la epidermis (ep) a continuación la corteza media primaria (c) formada por células de parénquima, la endodermis (en) y el cilindro central cuyo estrato más externo es el periciclo (pcl) que rodea a los tejidos vasculares: metaxilema (mx) formado por los elementos de vaso con lumen grande y el metafloema (mfl) y en el centro la médula (me) (43X).

5.1.1. Raíces por nivel (Cuadro 5).

En esta investigación, el promedio de raíces seminales (escutelares y del mesocótilo) fue de 2. El total de raíces de cada nudo se dividió entre el número de plantas estudiadas y la suma de estos once nudos se promedió dando un total de 74 raíces.

CUADRO 5. Número de raíces por nudo cuantificadas y evaluadas.

No. de codificación de plantas (T1, T2, T3)	Raíces seminales		Raíces adventicias de los nudos del tallo								total de raíces por planta	
	primaria α	escutelo y mesocótilo β	coleóptilo γ	1	2	3	4	5	6	7		8
1	1	-	6	5	5	7	-	-	-	-	-	24
2	1	-	5	5	7	6	8	-	-	-	-	32
3	-	-	-	-	-	-	-	6	8	8	14	36
5	-	-	-	-	-	-	-	7	9	12	20	48
7	-	-	-	-	-	-	-	4	8	9	14	35
8	1	3	5	4	4	5	6	8	-	-	-	36
9	1	4	6	7	5	8	10	15	-	-	-	56
10	1	2	3	2	4	4	7	12	-	-	-	35
11	1	-	7	5	6	6	-	-	-	-	-	25
12	-	-	4	4	4	4	6	8	10	-	-	40
13	-	-	5	6	5	6	7	10	-	-	-	39
14	1	3	-	-	4	5	5	5	-	-	-	23
21	-	-	3	4	5	5	6	6	-	-	-	29
41	1	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	8
43	1	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	7
44	1	8	6	-	-	-	-	-	-	-	-	15
45	1	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Σ de raíces	11	27	63	42	49	56	55	81	35	29	48	496
X de raíces por nudo	1	3.4	4.8	4.7	4.9	5.6	6.9	8.1	8.8	9.7	16	Σ 74

NOTA: Donde aparece el guión, no hay observaciones porque los tejidos encontrados eran inmaduros.

5.2. Análisis de correlación lineal

Los datos mostrados en el cuadro 6 fueron obtenidos mediante el procedimiento CORR del SAS. (CORRELACION) Todas las correlaciones son altamente significativas. Aquí se analizan las que tienen un coeficiente de correlación mayor de 0.90.

CUADRO 6. Coeficientes de correlación lineal simple entre algunas variables simples y compuestas estudiadas

	H	J	K	L	M	N	O	P
H	1.00000 0.0	0.78822 0.0001	0.90919* 0.0001	0.70709 0.0001	0.73631 0.0001	0.80501 0.0001	0.54285 0.0001	0.54512 0.0001
J	0.78822 0.0001	1.00000 0.0	0.76422 0.0001	0.88421 0.0001	0.89061 0.0001	0.68029 0.0001	0.73381 0.0001	0.73497 0.0001
K	0.90919* 0.0001	0.76422 0.0001	1.00000 0.0	0.75747 0.0001	0.79087 0.0001	0.97421* 0.0	0.61604 0.0001	0.61890 0.0001
L	0.70709 0.0001	0.88421 0.0001	0.75747 0.0001	1.00000 0.0	0.99861* 0.0	0.71348 0.0001	0.93427* 0.0001	0.93503* 0.0001
M	0.73631 0.0001	0.89061 0.0001	0.79087 0.0001	0.99861* 0.0	1.00000 0.0	0.74755 0.0001	0.92556* 0.0001	0.92650* 0.0001
N	0.80501 0.0001	0.68029 0.0001	0.97421* 0.0	0.71348 0.0001	0.74755 0.0001	1.00000 0.0	0.58984 0.0001	0.59290 0.0001
O	0.54285 0.0001	0.73381 0.0001	0.61604 0.0001	0.93427* 0.0001	0.92556* 0.0001	0.58984 0.0001	1.00000 0.0	0.99999* 0.0
P	0.54512 0.0001	0.73497 0.0001	0.61890 0.0001	0.93503* 0.0001	0.92650* 0.0001	0.59290 0.0001	0.99999* 0.0	1.00000 0.0

* coeficientes de correlación mayores que 0.90

Donde: H=N° de vasos pequeños, J=Diámetro de la raíz, K=suma de las áreas de los elementos de vaso pequeño, L=suma de las áreas de los elementos de vaso grande, M=área total de elementos de vaso, N=suma de las capacidades de elementos de vaso pequeño, O=suma de las capacidades de los elementos de vaso grande y P=capacidad de conducción total de los elementos de vaso.

- 5.2.1. De acuerdo al coeficiente de correlación entre las variables (H) y (K) = 0.90, existe una dependencia entre el número de elementos de vaso pequeño y el área de los mismos, a mayor número de elementos de vaso pequeño mayor área de conducción.
- 5.2.2. En cuanto a las variables (K) y (N) el coeficiente de correlación = 0.97 indica que existe una dependencia entre el área de los elementos de vaso pequeño y su capacidad de conducción.
- 5.2.3. Entre las variables (L) y (M) se obtuvo que el coeficiente es de 0.99 interpretándose como que el área total de los elementos de vaso está en función directa con la suma de las áreas de los elementos de vaso grande.
- 5.2.4. Entre las variables (L) y (O) se obtuvo un coeficiente de correlación = 0.93 interpretándose como que hay una relación directa entre la capacidad de conducción de los elementos de vaso grande y el área de los mismos.
- 5.2.5. Entre las variables (M) y (O) se obtuvo un coeficiente de correlación = 0.92 indicando que existe una dependencia entre el área total de todos los elementos de vaso y su respectiva capacidad de conducción, también indica la mínima contribución de los elementos de vaso pequeño.
- 5.2.6. Entre las variables (O) y (P) el coeficiente de correlación está muy cerca de 1.0, y nos señala que la suma de la capacidad de los elementos de vaso grande determina la capacidad total de conducción.

5.3. Descripción de gráficas

5.3.1. Media del área de vasos (M) por raíz en cada nivel (Cuadro 7, Fig. 4).

Se encontró que en la raíz primaria, el promedio del área de los elementos de vaso es 3.2 veces mayor que el área de los elementos de vaso de las raíces del escutelo (β).

En cuanto a las raíces del coleóptilo (γ) y las raíces de los nudos del tallo (1-8), la tendencia es a incrementar el área de conducción, salvo en los nudos 6 y 8 donde la tendencia no ocurre así. El nivel con el promedio más alto se presentó en el nudo 7, éste tiene un valor 12 veces mayor con respecto al área de los elementos de vaso de las raíces del coleóptilo (γ) y 5 veces mayor que en las raíces del 1er nudo.

CUADRO 7. Coeficiente de variación para la media del área de elementos de vaso por raíz en cada nudo.

Nivel	Nº de raíces	\bar{x} Área $m^2 \cdot 10^{-7}$	Coefficiente de variación %
α	11	0.5746	30.8
β	27	0.1788	57.6
γ	63	0.4122	53.0
1	42	0.9753	39.8
2	49	1.3823	40.0
3	56	2.2989	62.8
4	55	2.6773	33.8
5	81	3.0157	25.7
6	35	2.9989	34.2
7	29	5.0168	25.5
8	48	4.6667	46.4

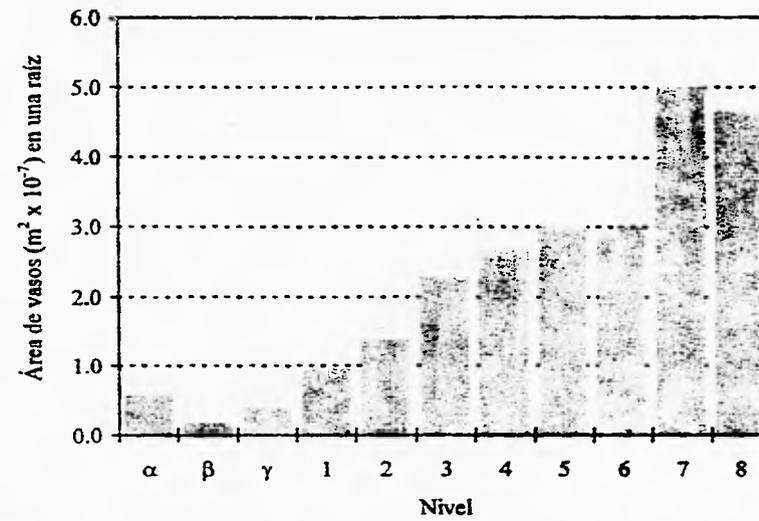


Figura 4. Media del área de vasos por raíz en cada nivel
 Donde: α=raíz primaria; β=raíces del escutelo y mesocótilo; γ=coleóptilo y del 1 al 8 nudos estos dos últimos considerados como raíces de los nudos del tallo.

5.3.2. Media de la capacidad de conducción de los elementos de vaso (P) por raíz en cada nivel (Cuadro 8, Fig. 5).

Respecto a las raíces seminales (α y β), el promedio de la capacidad de conducción de los elementos de vaso en la raíz primaria (α), es dos veces mayor respecto a la capacidad de los elementos de vaso en las raíces del escutelo (β), y mesocótilo (segundo entrenudo). Por lo que se refiere a las raíces ubicadas arriba de la raíz primaria (α), o sea la de los nudos 1 a 8, la tendencia fue a incrementar el promedio de la capacidad de conducción de los elementos de vaso por raíz hasta el 3er nudo, después de los niveles 4 a 6, las raíces tienen una capacidad similar y en los nudos 7 y 8 su capacidad de conducción es mayor. El nivel con el promedio más alto se presentó en el nudo 7º, éste es 25 veces mayor que la capacidad de conducción de los elementos de vaso de las raíces del coleóptilo (γ) y 7.7 veces mayor que en las raíces del 1er nudo.

CUADRO 8. Coeficiente de variación para la media de la capacidad de los elementos de vaso por raíz en cada nudo.

Nivel	Nº de raíces	\bar{x} Capacidad $m^3 s^{-1} 10^{-15}$	Coeficiente de variación %
α	11	0.1525	58.2
β	27	0.0702	103.0
γ	63	0.2275	113.0
1	42	0.7482	89.3
2	49	1.0595	59.7
3	56	2.9430	116.8
4	55	2.8387	53.0
5	81	3.2577	45.5
6	35	2.9755	57.8
7	29	5.7445	59.8
8	48	4.0242	74.6

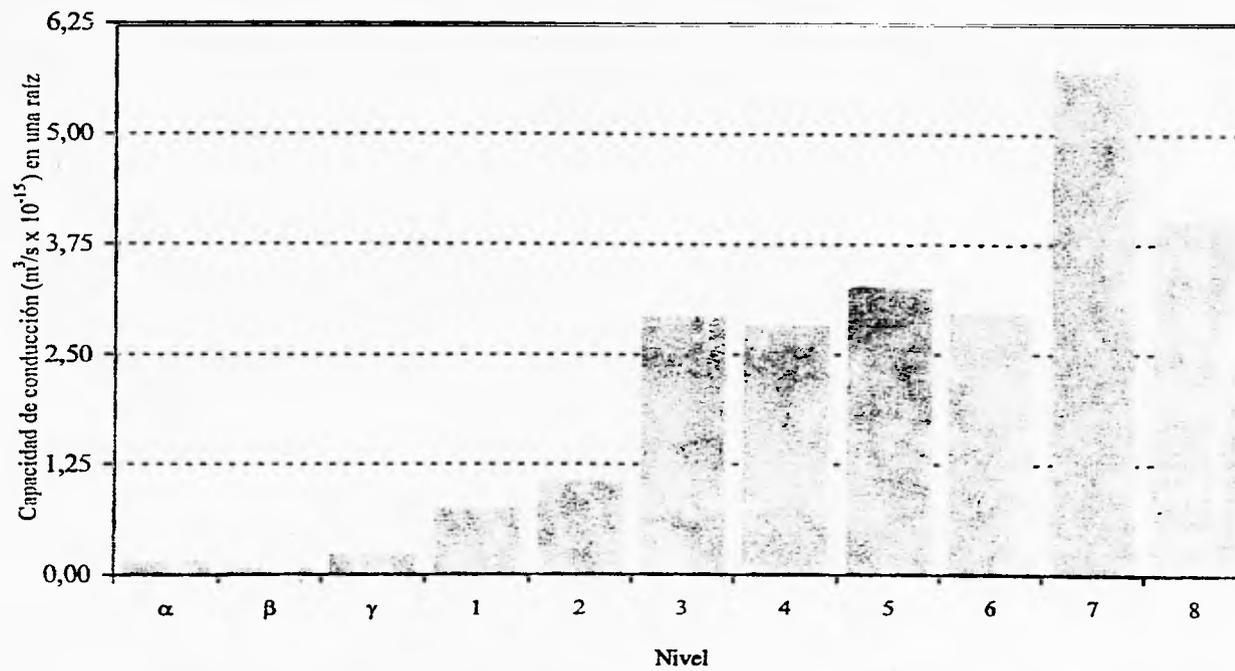


Figura 5. Media de la capacidad de conducción (c.c.) de los elementos de vaso por raíz en cada nivel

Donde: α=raíz primaria; β=raíces del escutelo y mesocótilo;
 γ=coleóptilo; del 1 al 8 nudos; éstos dos últimos considerados como raíces de los nudos del tallo.

5.3.3 Capacidad de conducción total de elementos de vaso (ΣP), en relación al área total de vasos (ΣM), en cada nivel (Cuadro 9, Figura 6).

En general la suma de la capacidad de conducción, es directamente proporcional al área de los elementos de vaso en cada nivel. En cuanto a las capacidades de conducción, el valor más alto se presentó en el 8º nudo. Este valor es 18 veces mayor respecto al del 1er nudo y 59 veces más que en el del coleóptilo (γ).

Respecto al área, también el valor más alto se presentó en el 8º nudo, este valor es 16 veces mayor que en el 1º nudo y 37 veces mayor respecto al valor del coleóptilo (γ).

En la Figura 6, para obtener los valores de ΣM y ΣP ; se sumaron los valores de M y de P en cada nivel, y se dividieron entre el número de plantas muestreadas.

CUADRO 9. Valores del área y capacidad de conducción por planta de cada nivel, diámetro de nudos, diámetro de la raíz, N° de plantas observadas.

Nivel	No. de plantas observadas	DN \bar{x} (mm)	Diámetro de raíz \bar{x} (mm)	Área $m^2 \cdot 10^{-5}$ (SUMM)**	Capacidad $m^3 s^{-1} \cdot 10^{-15}$ (SUMP)***
α	11	2.7	2.20	0.0057	0.15
β	8	2.0	0.69	0.0060	0.24
γ	13	3.7	0.93	0.0200	1.1
1	9	6.7	1.37	0.0460	3.5
2	10	9.4	1.728	0.0677	5.2
3	10	13.9	2.20	0.1287	16.5
4	8	16.8	2.77	0.1840	19.5
5	10	20.0	3.17	0.2440	26.5
6	4	24.3	3.40	0.2620	26.0
7	3	28.7	4.80	0.4850	55.5
8	3	33.0	4.73	0.7470	64.5

* medias

** suma total de área/planta, $m^2 \times 10^{-5}$

*** suma total de la capacidad/planta, $m^3 s^{-1} \times 10^{-15}$

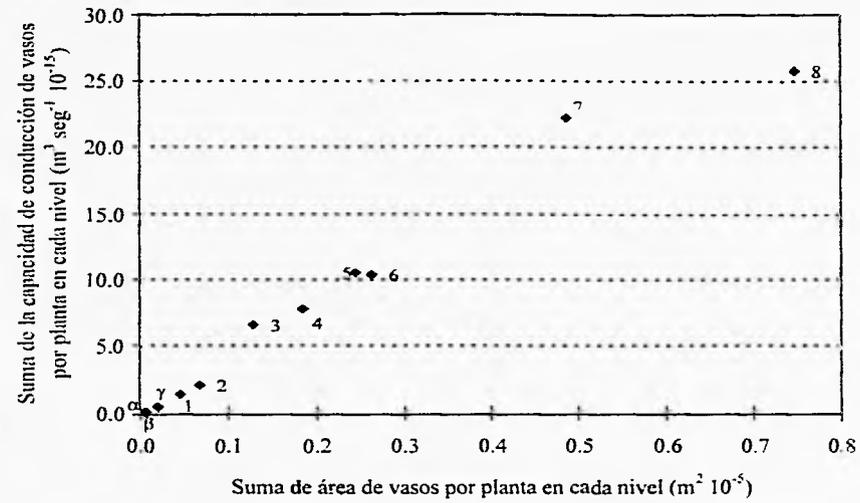


Figura 6. Capacidad de conducción total de elementos de vaso en relación al área total de raíces por planta en cada nivel.

5.3.4. Capacidad de conducción de una raíz (P) en cada nivel, en relación al diámetro de raíz (J) (Cuadros 8 y 9, Fig. 7).

La capacidad de conducción en general es directamente proporcional al diámetro de raíces excepto en la raíz primaria (α), que tiene una corteza primaria relativamente más ancha que las otras raíces.

El diámetro de la raíz también se incrementó con los niveles de la planta, excepto que la raíz primaria (α) es tan ancha como las del 3er nudo y las raíces del 7° y 8° nudo fueron del mismo diámetro.

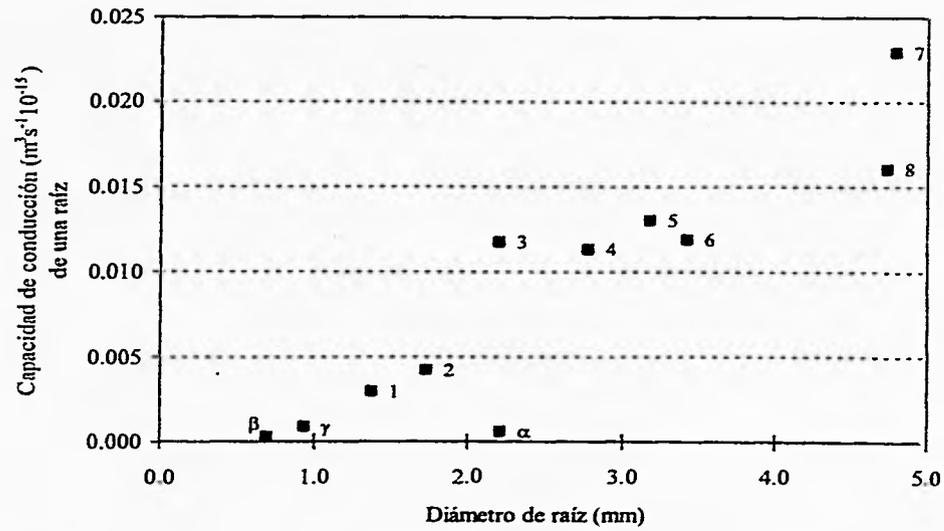


Figura 7. Capacidad de conducción de una raíz en cada nivel, en función del diámetro de la raíz.

5.3.5. Capacidad de conducción total de raíces en cada nivel, en relación al diámetro del nudo (Cuadro 9, Fig. 8).

El valor de la capacidad de conducción total de raíces en cada nivel por planta, es directamente proporcional al diámetro de los nudos. El 8° nudo fue el nivel con mayor capacidad de conducción.

En cuanto al diámetro de los nudos, éste se incrementó en los nudos mayores de la planta, encontrándose el diámetro mayor en el 8° nudo (33 mm). Si comparamos otros niveles de la planta, se observa que el 8° nudo es 1.65 veces mayor que el 5° nudo y 4.9 veces mayor que el 1^{er} nudo.

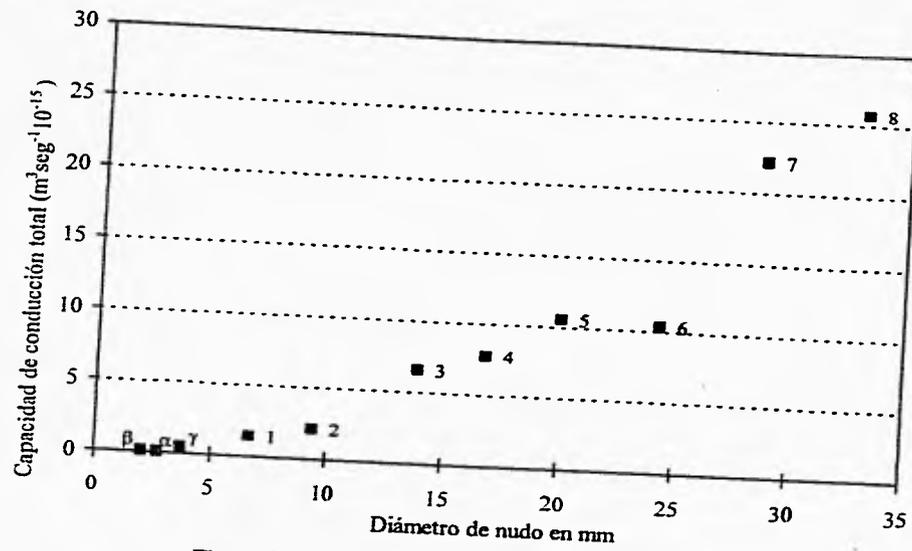


Figura 8. Capacidad de conducción total de raíces por planta en cada nivel en relación al diámetro del nudo.

5.4. Coeficiente de variación

5.4.1. Coeficiente de variación para el área de vasos por raíz en cada nivel

(Cuadro 7)

El mayor coeficiente de variación del área de los elementos de vaso por raíz, en cada nivel, se presenta para las raíces del 3er nudo, con un 62.8%, en seguida es para las raíces β con un 57.6% y finalmente es para las raíces γ con un 53.0%. Para el resto de los niveles de la planta el coeficiente de variación fue muy irregular, interpretándose como diferencias en el número de plantas

5.4.2. Coeficiente de variación para la capacidad de vasos por raíz en cada nivel (cuadro 8).

El mayor coeficiente de variación de la capacidad de los elementos de vaso por raíz, en cada nivel, se presenta para las raíces del 3er nudo, con un 116.8%, en seguida es para las raíces γ con un 113.0% y finalmente es para las raíces β con un 103.0%. Para el resto de los niveles de la planta el coeficiente de variación fue muy irregular.

5.5. Descripción Histológica

5.5.1. Corte transversal de una raíz coleoptilar (Figura 9).

Se observó una raíz coleoptilar de menor diámetro. El estrato de células más exterior corresponde a la epidermis, enseguida la corteza media primaria, la cual está formada por varios estratos de células de parenquima (c), a continuación la endodermis (en) y el cilindro central cuyo estrato más exterior corresponde al periciclo (pcl) y rodea la los tejidos vasculares; metaxilema (mx), metafloema (mfl) y en el centro la médula reducida (me) (43X).

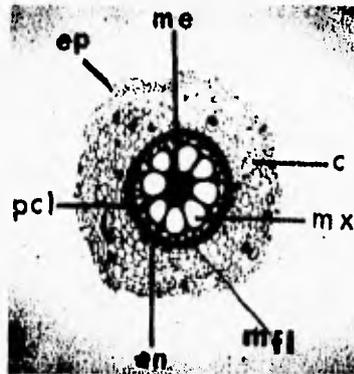


Figura 9. Corte transversal de una raíz coleoptilar. La capa de células más externa, la epidermis (ep) está incompleta, a continuación la corteza (c), la endodermis (en) y el cilindro central constituido por el periciclo (pcl), células más externas, el tejido vascular formado por el metaxilema (mx), médula parenquimática pequeña (me) (43X).

5.5.2. Corte transversal de una raíz del 5º nudo (Fig. 10).

Se observa una raíz del 5º nudo, el estrato de células más exterior corresponde a la epidermis, a continuación la corteza media primaria formada por varios estratos de células de parénquima (c), a continuación la endodermis (en) y el cilindro central cuyo estrato más exterior corresponde al periciclo (pcl) y rodea a los tejidos vasculares; metaxilema grande (mxg) y metaxilema pequeño (mxp) formado por los elementos de vaso, alternando con el metafloema (mfl) formado por los tubos cribosos y la médula (me).

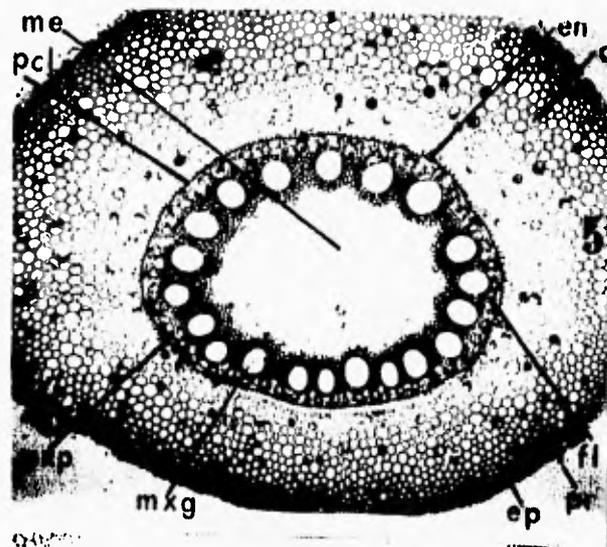
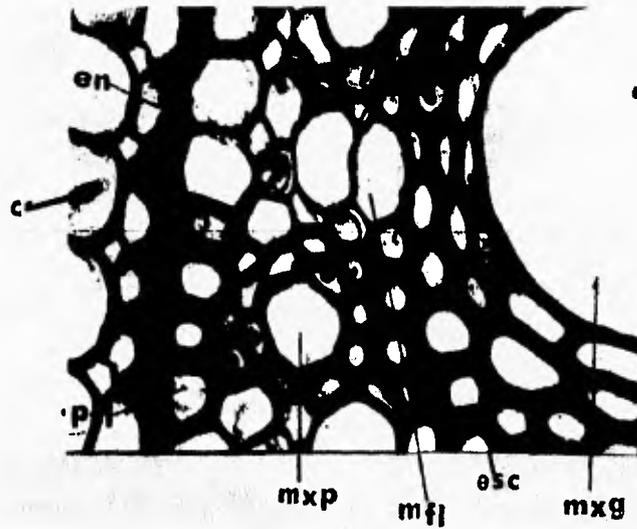


Figura 10. Corte transversal de una raíz del quinto nudo. El estrato de células más externa corresponde a la epidermis (ep), a continuación la corteza media primaria (c) está formada por células de parénquima, la endodermis (en) y el cilindro central cuyo estrato más externo es el periciclo (pcl), los tejidos vasculares: metaxilema (mx) formado por los elementos de vaso con lumen grande, alternando con el floema formado por los tubos cribosos y la médula de parénquima (me) (43X).

5.5.3. Corte transversal del acercamiento de una raíz del quinto nudo (Fig. 11).



La capa de células más externo corresponde a la corteza primaria (c); en seguida la endodermis (en) y el cilindro central con un estrato de células del periciclo (pc), elementos del metaxilema grande (mxg), elementos del metaxilema pequeño (mxp), elementos de los tubos cribosos del metafloema (mfl) 700X.

5.5.4. Corte transversal de una raíz del 8º nudo (Fig. 12).

Se observó una raíz del 8º nudo con un diámetro de mayor tamaño, en relación a los otros niveles de raíz, en la fotomicrografía sólo se obtuvo una pequeña parte del corte; incluyendo la corteza primaria y el cilindro central, el periciclo (pcl), el número de elementos de vaso del metaxilema es mayor y el diámetro de los mismos es menor en relación a otros niveles de la planta; la médula es de mayor tamaño en relación al diámetro total del corte.

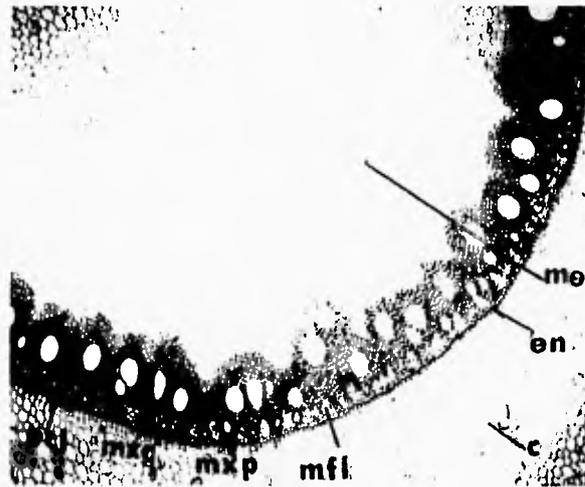


Figura 12. Corte transversal de una raíz del 8º nudo. Se señala una parte mínima de la corteza media primaria (c), la endodermis (en) y el cilindro central muy desarrollado con gran número de elementos de vaso de metaxilema grande (mxg), metaxilema pequeño (mxp) y floema (fl), rodeados por fibras del xilema. En el centro la médula (me) muy desarrollada (43X).

VI. DISCUSIÓN

La nomenclatura en la descripción de las raíces, utilizada en este trabajo corresponden a los criterios establecidos por Kiesselbach (1949) quien consideró como raíces seminales a la raíz primaria, a las raíces del escutelo y mesocótilo, debido a que la raíz primaria se origina de la radícula y estas otras raíces se derivan a partir del embrión en la etapa seminal. Las raíces del coleóptilo y de los nudos 1 al 8, se clasificaron como raíces adventicias.

De acuerdo con Wiggans (1916, citado por Kiesselbach, 1949), el número de raíces seminales equivalentes a los niveles denominados en este trabajo como α y β que se encuentran en la planta de maíz, varía de 1 a 13 raíces.

Onderdonk y Ketcheson (1972, citados por Hoppe *et al.* 1985) indican que es necesario clarificar la terminología para la descripción de las raíces de maíz y que excepto para la raíz primaria, todas las demás raíces que forman el sistema radical de la planta se desarrollan en hileras secuenciales, una hilera en cada nudo, empezando por el nudo escutelar. Respecto a las raíces del mesocótilo indican que frecuentemente estas raíces no se desarrollan en plántulas de maíz de diversas variedades o razas y en caso de que aparezcan no contribuyen significativamente al sistema radical y pronto desaparecen. No diferencian entre raíces seminales y adventicias, además sugieren que para no crear confusión en la terminología de raíz, rechazan el término adventicio para el sistema radical de maíz y por lo tanto deben referirse a las raíces que se desarrollan en los nudos aéreos y raíces que se originan dentro del suelo.

En el presente trabajo, se determinó la conductividad desde el punto de vista teórico, en dos niveles de raíces: seminales y adventicias de los nudos del tallo (coleóptilo y del 1o al 8o nudo). Relacionando el área de los elementos de vaso con la capacidad de conducción total, se encontró que son directamente proporcionales con los nudos de la planta, obteniendo la máxima capacidad de conducción en el 8o nudo, con un valor de $64.5 \text{ m}^3 \text{ por seg}^{-1} \times 10^{-15}$; Luxová y Kozinka (1970) obtienen en sus resultados de conductividad específica como valor máximo, a las raíces del primer nudo igual a 326% y los valores gradualmente disminuyen para el segundo y tercer nudo. En cuanto a la conductividad específica, las raíces del coleóptilo parecen ser las más eficientes. La metodología empleada por Luxová y Kozinka difiere un poco de la del presente trabajo, ellas no emplearon fórmulas los datos los obtienen en porcentaje y señalan dos tipos de conductividad, la conductividad específica (conductividad por unidad de área) es la que nosotros abordamos y respecto a sus resultados no estamos de acuerdo por que su conductividad específica disminuye en relación a los nudos del tallo, en cambio, en la conductividad teórica la tendencia es de incrementar la capacidad de conducción hasta el tercer nudo, luego es irregular y alcanza un nivel mayor en el séptimo nudo $5.7445 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1} 10^{-15}$.

En relación del presente trabajo con el de Yañez (1972), en donde se estudiaron nueve razas de maíz, en dos niveles (segundo y tercer nudo) y en la actual investigación se encontró que la capacidad de conducción de los elementos de vaso en el tercer nudo de Zea maíz raza tuxpeño es 1.8 veces mayor que el de Yañez, sin embargo ella reporta que en el segundo nudo dicha capacidad es de 1.1 veces mayor que en la pre-

sente investigación esto se atribuye al diferente número de plantas utilizadas en ambas partes o a pequeños errores de medición.

En cuanto al presente trabajo con el de Baxter y West (1977) se indica que en la presente investigación se determinó conductividad en raíz y difiere del trabajo de Baxter en diferentes aspectos: plantas con diferente taxonomía, metodología completamente diferente unidades diferentes a las nuestras y por lo tanto no hay comparación entre los dos trabajos

Por lo que se refiere al trabajo de Busscher y Fritton (1978) y el presente, tiene cierta relación en que las plantas utilizadas tienen igual taxonomía, también tratan de determinar conductividad pero la metodología empleada es diferente, ellos simulan el flujo de agua a través del xilema de la raíz primaria y sus raíces laterales, miden potenciales de agua en el suelo y en las hojas, relacionan estos valores con la ley de Darcy y por lo tanto sus valores no son comparables al del actual .

Por lo que se refiere al trabajo de Giordano *et al.* y el actual trabajo es comparable en cuanto a que ellos determinan también el flujo de agua en los elementos de vaso del xilema y relacionan la ley de Poiseuille, en sus resultados experimentales indican que hay una discrepancia con dicha ley, por lo que no puede aplicarse directamente para describir el flujo en los elementos de vasos, puesto que Giordano se basa en tubos circulares simples y en el caso de los elementos de vaso presentan desviaciones(engrosamiento de la pared secundaria) e esto indica que los resultados obtenidos desde el punto de vista teórico, están sujetos a error, por que según Giordano *et al.* (1978) indica que no todos los elementos de vaso conducen igual, algunos elementos lo hacen en un 50% y otros lo hacen en 1%.

La metodología empleada por Dimond (1963) fue similar a la del presente trabajo, relacionó la ley de Poiseuille, con la ley de Ohm. En este caso el promedio de la capacidad de conducción disminuye conforme se avanza de la base al ápice de la planta, el método consistió en estimar las relaciones de flujo y presión en los haces vasculares de la planta del tomate, utilizando ecuaciones lineales simultáneas. En el presente trabajo la conductividad aumentó en los nudos mayores de la planta, se determinó conductividad teórica tomando en cuenta otros parámetros, además se midió el lumen de cada elemento de vaso en las raíces y en el caso de Dimond considera haces vasculares completos en tallo de tomate, por eso no se pueden obtener resultados semejantes, esta diferencia en la conductividad se atribuye al material empleado, raíces de dicotiledóneas en el primer caso y en el segundo caso corresponde a raíces de monocotiledóneas.

Respecto al trabajo de Hüber (1956) determinó capacidad conductora empírica y teórica en plantas leñosas, indica que la primera es menor de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ que la capacidad teórica, los valores que se obtengan deben ser considerados como sobrevalorados para el primer caso y en el segundo caso se toma en cuenta el relieve de la pared, por lo que en condiciones normales la cantidad de agua que pasa en los elementos de vaso aumenta con la cuarta potencia del diámetro de los mismos, por lo tanto la velocidad inicial en la pared es de cero y la velocidad promedio en el centro vale la mitad. Se debe considerar el trabajo de Hüber, solo que en la revisión de Giordano *et al.* (1978) existe una contradicción respecto a la ley de Poiseuille, ya que según este autor no todos los elementos de vaso conducen igual respecto a esta ley, por lo tanto en nuestro caso se puede pensar en algún pequeño error de conductividad.

De acuerdo a Cheadle (1942, citado por Carlquist, 1975) realizó un estudio desde el punto de vista evolutivo en los elementos traquéales de las monocotiledóneas y concluyó que la mayoría de estas plantas carecen de crecimiento secundario y para proveer de agua a la planta, desarrollan raíces adventicias con una gran capacidad de conducción. En este estudio del maíz, que también es una monocotiledónea, confirmo y estoy de acuerdo con Cheadle, (1942) que en las partes superiores de la planta las tensiones son mucho mayores, debido a que hay que vencer la fricción de la pared de los elementos de vaso y la capilaridad (esta es una propiedad de los líquidos en el interior de tubos), en este caso de los elementos de vaso, en los cuales por diferencias de presión se lleva a cabo el ascenso de agua en la planta, según la teoría coheso-tenso-transpiratoria, por lo tanto coincido en que en el presente trabajo estas raíces desarrollan la misma función .

Carlquist (1975) manifiesta en general que las plantas anuales, tienen en promedio un tejido conductor muy desarrollado, porque el incremento se da durante la época húmeda del año, ya que la transpiración puede ser también alta. En relación con este autor el estudio de la conductividad teórica en maíz, presenta resultados satisfactorios porque no se consideran sobrevaluados como ocurre con otros datos obtenidos. Carlquist, (1975) señala que en monocotiledóneas anuales los elementos de vaso al final del crecimiento vegetativo son angostos, para conducir el agua bajo una mayor tensión, porque existe una resequedad progresiva del suelo. Sin embargo los resultados obtenidos en esta investigación indican que los elementos de vaso radicales al final

del crecimiento no se hacen angostos, por el contrario; su área guarda una proporción directa a la capacidad de conducción. La capacidad de conducción aumenta sucesivamente hasta el octavo nudo, que es el último nivel observado en la planta en este estudio.

Respecto a Hoppe *et al.*(1985) al ser comparados sus resultados, en los nudos 5° al 8° el número promedio de raíces es mayor en los resultados de Hoppe, que en los del presente trabajo, sin embargo en Zea mays raza tuxpeño la diferencia promedio no supera la unidad, por lo cual se puede considerar como una característica constante en las razas bajo estudio., en los nudos 1° al 4° el promedio del número de raíces es ligeramente mayor en la raza tuxpeño que en la variedad seneca , y este promedio rebasa en más de 3 raíces por nudo, por lo tanto la variedad seneca produce un mayor número de raíces adventicias en los nudos más superiores, lo cual le permite tener una mayor fijación al suelo, en relación al tuxpeño.

VII. CONCLUSIONES

1. En el desarrollo de la presente investigación se diferenci6 el sistema radical de maiz en dos clases de raices: las raices seminales denominadas; raiz primaria, del escutelo y del mesoc6tilo y raices adventicias (del cole6ptilo y de las hojas con l6mina, que van del primero al octavo nudos del tallo).
2. La capacidad de conducci6n de agua en cada raiz aumenta del primer al tercer nudo de la planta, donde a partir de este nudo se torna irregular.
3. La capacidad de conducci6n de agua del conjunto de raices en cada nudo se incrementa sucesivamente hasta el octavo nudo, la 6ltima observaci6n que corresponde en 6ste trabajo.
4. Con la excepci6n en la raiz primaria, el di6metro de cada raiz es proporcional a su capacidad de conducci6n te6rica.
5. El di6metro del nudo tiene una capacidad de conducci6n te6rica proporcional al conjunto de raices que existen en el mismo nudo.
6. El 6rea de los elementos de vaso grandes es proporcional a la capacidad de conducci6n te6rica de cada raiz.
7. Los elementos de vaso peque6os de metaxilema no contribuyen significativamente a la capacidad de conducci6n te6rica de agua en la raiz madura del maiz.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VIII. LITERATURA CONSULTADA.

- Baxter, P. y D. West. 1977. The flow of water into fruit trees. I. Resistances to water flow through roots and stems: *Ann. Appl. Biol.* 87(1):95-101.
- Bissing, D.R. 1982. Variation in qualitative anatomical features of the xylem of selected dicotyledonous woods in relation to water availability. *Bull. Torrey Bot. Club.* 109 (3): 371-384..
- Busscher, W. J. y D. D. Fritton. 1978. Simulated flow through the root xylem. *Soil Sci.* 125(1):1-6.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies of xylem evolution. Univ. Calif. Press, 259 pp.
- Crafts, A. S. 1961. Translocation in plants. Holt, Rinehart and Winston, New York. 182 pp.
- Dimond, A. E. 1963. Pressure and flow relations in vascular bundles of the tomato plant. *Plant Physiol.* 41: 119-131.
- Esau, K. 1959. Anatomía vegetal. 2ª edición (trad. del inglés), Omega. Barcelona. 729 pp.
- Esau, K. 1962. Anatomy of seed plants. 3ª ed. John Wiley, New York. 376 pp.
- Fahn, A. 1974. Anatomía de las plantas. 4ª ed. (trad. del inglés). Pergamon Press, Oxford. 643 pp.
- Font Quer, P. 1953. Diccionario de Botánica. 1a. edición, Editorial Labor, S. A. México. 1244 p.p.
- Giles, R. V. 1969. Teoría y problemas de mecánica de los fluidos e hidráulica. (Traducido del inglés) 2ª ed. McGraw Hill, Panamá Serie de compendios Schaum. 273 pp.
- Giordano, R., A. Salleo, S. Salleo y F. Wanderlingh. 1978. Flow in xylem vessels and Poiseuille's law. *Can. J. Bot.* 56: 333-338.

- González E., A. 1971. Estudio del mesocótilo como característica en la clasificación biosistemática del maíz. Fac. de Ciencias, UNAM. Tesis Lic. México, D. F. 40 pp.
- Greulach, V. A., y E. J. Adams, 1970. Las Plantas. Introducción a la botánica moderna (trad. del inglés). 2ª ed. Limusa-Wiley, México. 636 pp.
- Hayward, H. E. 1953. Estructura de las plantas útiles (trad. del inglés). Ed. Acme. Buenos Aires, 667 pp.
- Hoppe, D. C., M. E. McCully y C. L. Wenzel. 1986. The nodal roots of Zea: their development in relation to structural features of the stem. Can. J. Bot. 64: 2524-2537.
- Hüber, B. 1956. Die Gefäßleitung pp. 541-582 en: Handbuch der Pflanzenphysiologie 3: Springer-Verlag, Berlin (trad. por M. Engleman y G. Cano).
- Kiesselbach, T. A. 1949. The structure and reproduction of corn. Univ. of Nebraska Press, Lincoln, Agricultural Experiment Station Research Bulletin, 161. 96 pp.
- Luxová, M. y V. Kozinka. 1970. Structure and conductivity of the corn root system. Biología Plantarum 12 (1):47-57.
- McCall, M. A. 1934. Developmental anatomy and homologies in wheat. J. Agr. Res. 48(4): 283-321.
- Metcalf, C. R. 1960. Anatomy of the monocotyledons. Vol. I. Gramineae. Oxford at the Clarendon Press.
- Miller D.M. 1981. Studies of root function in Zea mays. II. Dimensions of the root system. Can. J. Bot. 59: 811-818.

- North, G.B. y Nobel, P.S. 1991. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of Agave deserti (Agavaceae). Amer. J. Bot. 78 (7): 906 - 915.
- Parsons, D. B. 1981. Manuales para educación agropecuaria. MAÍZ. Área: Producción Vegetal Nº 10. Dirección general de pub. Y bibl. de la S.E.P. y Ed. Trillas, México. 56 pp.
- Raven, P. H. and H. Curtis. 1971. Biology of Plants. Worth Publishers, Inc. 706 pp.
- Sargent, E. y A. Arber. 1915. The comparative morphology of the embryo and seedling in the Gramineae. Ann. Bot. 29: 161-222 [original no consultado; información obtenida de Hayward, 1953].
- SAS/STAT, 1987. Guide for personal computer, 6a. edición. Publications division SAS Institute inc. Raleigh, Cary; NC. 27511-8000.
- Sutcliffe, J. 1977. Las plantas y el agua. Cuadernos de Biología (trad. del inglés). Omega, Barcelona. 91 pp.
- Tucker, S. C. 1957. Ontogeny of the etiolated seedling mesocotyl of Zea mays. Bot. Gaz. 118(3): 160-174.
- Wenzel, C. L., McCully, M.E. y Martin, J.C. 1989. Development of water conducting capacity in the root systems of young plants of corn and some other C4. grasses. Plant Physiol. 89: 1094-1101.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X. en colaboración con P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Prog. de Agricultura y cooperación de la SAG de México y la Fundación Rockefeller. 223 pp.

Yáñez, J. P. 1972. Capacidad de conducción del xilema radical de nueve razas de maíz.
Esc. de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Tesis
Lic. Cuernavaca, Mor. 41 pp.

IX. APÉNDICE

	A	B	C	D	E	F	G	H																				
10	92	1	1	1	1	15	6	11	22	30	21	21																
11	92	2	1	1	1	62	6	17	26	21	23	20	21	21														
12	92	3	1	1	1	60	9	14	16	15	32	31	36															
13	91	1	1	1	1	135	8	22	15	14	11	22	13	14	19	11	12	21	19	20	16	11						
14	2	1	1	1	1	76	6	19	18	25	23	22	25	11	21	13	26	28	25									
15	2	2	1	1	1	95	7	21	19	16	29	24	26	21	28	20	21	20	20									
16	2	3	1	1	1	90	6	20	25	24	24	26	29	21	22	28	30	26	25									
17	2	4	1	1	1	67	6	22	26	21	28	25	15	27	23	24	27											
18	3	1	1	1	1	112	8	29	32	11	32	29	36	11	34	34	24	18	31	26	26	29	28					
19	3	2	1	1	1	110	8	26	29	32	28	35	25	30	29	29	35	28	12	30	29	20	31					
20	3	3	1	1	1	121	8	33	34	30	37	27	20	31	28	29	30	31	33	30	32	30	31					
21	3	4	1	1	1	106	8	24	29	20	32	17	31	30	29	32	22	33	30	33	25	24						
22	3	5	1	1	1	117	8	34	36	12	28	39	33	10	30	18	31	22	32	32	30	12	35	19	31	30		
23	4	1	1	1	1	163	9	43	25	22	31	40	30	36	29	29	27	36	39	36	24	10	30	31	30	38	35	15
24	4	2	1	1	2	32			25	32	35	30	37	32	41	32	38	30	11	39	25	38	32	17	34	12	19	38
25	5	1	1	1	2	205	9	55	24	30	19	25	26	27	26	28												
26	5	2	1	1	2	42	34	39	29	26	21	31	24	11	42	42	37	16	44	31	23	31	39	28	12	17	39	35
27	5	2	1	2	2	52	42	33	34	28	38	32	28	29	29	28	35	37	36	27	36	25	38	11	31	26	31	45
28	5	3	1	1	1	195	8	52	35	36	12	38	45	41	38	34	35	37	36	27	36	25	38	11	31	26	31	45
29	5	3	1	2	2	40	38	43	10	39	34	31	29	35	27	36												
30	5	4	1	1	1	164	8	51	30	39	40	30	27	38	19	20	26	29	28	27	32	40	11	35	28	31	29	32
31	5	4	1	2	2	27	31	32	11	35	20	34	40	41	11													
32	5	5	1	1	1	162	8	21	26	25	26	16	31	24	13	12	35	11	10	24	17	35	12	24	21	31	17	32
33	5	5	1	2	2	31	32	35	11	27	12	11																
34	5	1	1	1	1	200	8	16	16	36	14	15	12	24	27	16	37	16	22	18								
35	5	1	2	1	1	100	9	7	30	32	14	38	37	22	41	36												

A No planta; B No Audo; C No #az; D Ocular

E #azeta; F Diámetro promedio; G Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños

H No vasos pequeños; I Diámetro de elementos de vasos grandes

A	B	C	D	E	F	G	H																												
11	91	2	2	1	102	9	9	18	9	15	22	33	42	46	51	27	16	41																	
11	91	3	2	1	100	9	11	12	34	39	35	41	45	30	39																				
11	91	4	2	1	107	6	16	12	47	34	39	43	42	49	39																				
11	91	5	2	1	92	7	15	16	31	28	18	45	45	40	36	41	38																		
11	91	6	2	1	97	8	13	13	37	41	38	45	41	40																					
11	91	7	1	1	106	7	15	30	12	32	34	27	25	24																					
11	1	1	2	1	152	9	9	33	21	41	25	46	13	29	19	25	36	15	12	40	13	50	46	11	42										
11	1	2	2	1	150	9	14	37	44	47	29	52	24	51	24	52	53	53	50	52	12														
11	1	3	2	1	135	10	17	44	30	43	19	46	40	44	48	17	52	35	10	15	52	15													
11	1	4	2	1	139	10	14	43	22	15	10	26	44	44	47	17	52	35	10	15	52	15													
11	1	5	2	1	123	10	20	50	57	42	40	57	41	46	50	17	49																		
11	2	1	1	1	144	8	31	30	34	38	28	34	36	38	37	32	38	39	37	36	31	34	35	31											
11	2	2	1	1	143	7	29	20	33	29	40	21	38	41	38	32	27	38	29	38	25	34	29	32	10	38	22								
11	2	2	1	2	36																														
11	2	3	1	1	130	8	22	38	13	16	36	18	27	31	26	43	35	28	32	23	27	29	26	38	12	41	36								
11	2	4	1	2	39																														
11	2	4	1	1	145	8	26	22	29	27	23	31	32	24	27	36	36	27	36	39	32	32	16	35	41	36	31								
11	2	5	1	2	30	32	35	34	35																										
11	2	5	1	1	138	7	33	12	24	40	25	36	27	40	34	44	36	21	33	10	39	23	32	16	16	24	35								
11	2	5	1	2	34	31																													
11	2	6	1	1	140	7	29	25	27	26	37	26	38	25	36	34	34	31	28	31	34	34	34	27	29	29	16								
11	2	6	1	2	38	36																													
11	3	1	1	1	190	7	34	18	17	40	47	24	40	49	38	35	36	37	37	43	41	38	35	16	32	53	40								
11	3	1	1	2	39	49	44	32	33	36																									
11	3	2	2	1	270	10	29	24	55	66	71	70	62	60	44	17	31	50	15	58	75	62	48	48	61	10	46								
11	3	2	2	2	32	60																													
11	3	3	2	1	300	10	27	44	51	46	40	55	46	56	59	61	46	40	10	29	42	47	39	31	52	27	54								

A: No planta. B: No Auto. C: No Barr. D: Ocular.

F: Tarjeta. I: Diámetro promedio. E: Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños.

H: No vasos pequeños. 13: número de elementos de vasos grandes.

	A	B	C	D	E	F	G	H																								
1	1	1	2	2	66	70	66	55	22	51	24	49	11																			
1	1	1	2	1	280	10	17	41	11	42	15	51	18	53	42	48	12	11	19	40	16	58	68	19	66	19	60					
1	1	1	2	2	52	51	51	51	58	17	47	40																				
1	1	1	2	1	282	10	23	37	35	19	57	59	72	52	18	61	58	52	50	50	56	61	61	10	56	58	62					
1	1	1	2	2	52	22	14	67	34																							
1	1	1	2	1	300	10	31	54	63	58	33	68	62	47	15	48	50	18	62	65	46	58	50	57	56	56	58					
1	1	1	2	2	60	19	61	48	17	37	36	46	25	68	40	18	51	57														
1	91	1	1	1	198	7	39	20	11	20	10	12	11	10	24	19	15	11	10	23	20	17	20	16	10	10	15					
1	31	1	1	2	20	16	11	27	18	11	15	21	13	11	11	10																
1	31	1	1	1	57	5	17	22	23	20	24	10	17	24	15	23	20	25														
1	93	2	1	1	63	5	22	15	30	25	24	26	20	23	23	29	21	14	24													
1	93	3	1	1	42	5	14	30	15	24	22	23																				
1	93	4	1	1	70	6	20	26	18	27	27	21	25	30																		
1	93	5	1	1	54	6	16	10	23	21	20	19	19	22	20	14	24	22														
1	93	6	1	1	80	7	21	26	33	30	30	31	31	33	31																	
1	1	1	1	1	114	6	28	11	31	25	22	28	14	34	26	29	26	26	28	36	10	11	26	27	30	11						
1	1	2	1	1	118	7	34	30	34	30	31	35	31	32	36	30	31	11	26	32	24	17	36	14	11	19	15					
1	1	2	1	2	36	23																										
1	1	3	1	1	120	7	29	24	22	21	35	11	31	22	38	12	37	35	36	23	39	32	31	30	21	31	21					
1	1	2	1	2	26																											
1	1	1	1	1	120	6	22	35	22	33	34	36	35	29	26	30	30	37	21	34	12	11	32	20	21	21	42					
1	1	1	1	2	21																											
1	1	5	1	1	125	6	17	15	37	30	13	32	21	36	22	37	29	37	27	32	38	21	34	33	32	18	30					
1	1	5	1	2	34	32																										
1	2	1	1	1	176	8	16	31	36	12	13	37	16	37	35	21	40	38	11	10	33	18	30	23	31	30	21					
1	2	1	1	2	19	11	26	35	12	26	21	31	35	39	36	16	11	30	42	12	10											
1	2	2	1	1	169	5	28	23	27	40	28	39	41	28	40	21	36	36	32	30	34	17	32	32	30	32	32					

A No planta; B No Nudo; C No Raiz; D Ocular.

F Segunda; I Diametro promedio; G Diametro promedio de elementos de vasos pequenos;

H No Vasos pequenos; I Diametro de elementos de vasos grandes

A	B	C	D	E	F	G	H	I																							
2	1	2	1	1	230	10	53	34	36	36	35	42	40	38	28	42	27	40	42	28	31	26	28	28	31	24	41				
2	1	2	1	2	22	38	36	38	26	25	36	42	35	31	42	41	36	24	40												
2	1	2	1	1	207	10	47	31	35	32	32	24	32	33	25	21	29	30	26	30	34	34	31	31	25	25	31	21			
2	1	3	1	2	32	28	29	28	30	27	32																				
2	1	4	1	1	214	8	62	25	33	29	28	28	24	32	34	34	33	24	30	34	34	36	28	19	12	42	12				
2	1	4	1	2	34	25	29	36	34	36	34	20	37	20	45	36	45														
2	1	5	1	1	258	8	62	43	42	27	27	30	29	21	32	33	40	37	35	45	23	29	39	41	35	26	16				
2	1	5	1	2	30	35	32	20	25	23	25	17	34	28	22	29	20	25	29	34	24	32	17								
2	1	6	2	1	305	10	52	41	39	34	59	61	58	65	65	42	41	12	36	42	40	50	15	44	40	41	20				
2	1	6	2	2	61	51	56	59	54	31	42																				
2	1	7	2	1	320	10	55	35	40	40	50	42	50	31	19	47	52	48	42	62	51	12	15	50	56	57	30				
2	1	7	2	2	55	38	24	24	42	47	52	53	53	27	47	34	17	36	46	46	39	51	33	39							
2	1	8	2	1	383	10	51	35	52	54	54	59	40	32	28	66	52	24	35	45	38	35	29	42	16	29	38				
2	1	8	2	2	65	52	33	35	61	47	55	41	43	33	32	58	38	53	38	30	35	56	27								
9	92	1	1	1	60	8	11	20	20	18	21	17	24	10	20																
9	92	2	1	1	62	8	11	16	28	23	25																				
9	92	3	1	1	43	3	9	11	12	14	12																				
9	92	4	1	1	32	5	12	10	17	16	15	14																			
9	91	1	1	1	101	10	16	23	23	25	22	19	18	21	18																
9	91	1	1	1	70	7	16	18	20	23	24	23	15	21	21																
9	93	2	1	1	74	4	19	22	18	20	21	17	19	19	13	18	23	12													
9	93	3	1	1	59	6	9	18	22	21	20	20	18	18	15	15															
9	93	4	1	1	69	5	19	23	21	23	23	18	20	26	24																
9	93	5	1	1	70	5	12	22	22	11	23	23	21	18	21	17	21														
9	93	6	1	1	67	5	22	11	17	21	22	21	23	23	22	19															
9	1	1	1	1	105	5	24	25	25	25	22	26	24	26	24	24	31	24	16	25	26	24	26	22	27	25					
9	1	2	1	1	97	6	22	26	23	15	22	28	25	24	24	24	10	21	28	22	27	30	18	26	13						

A No planta; B No Vado; C No Raz; D Bazar;

I Tarjeta; E Diámetro promedio; G Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños;

H No vasos pequeños; F Diámetro de elementos de vasos grandes

A	B	C	D	E	F	G	H	I																				
9	1	3	1	1	91	6	18	29	29	11	28	18	21	18	15	21	16	21	21	22	22	26	21	11	18	21		
9	1	4	1	1	95	5	16	18	17	26	29	22	24	13	26	17	22	26	21	22	22	22						
9	1	5	1	1	94	6	12	14	12	10	21	21	26	20	21	19	21	23	24	20	28	26	18	25				
9	1	6	1	1	104	6	18	23	21	26	18	20	26	21	16	20	26	24	25	23	17	24	26	26	21	16		
9	1	6	1	2	18	24																						
9	1	7	1	1	111	6	26	20	23	22	26	28	28	20	26	19	26	24	22	21	25	16	21	26	10			
9	2	1	1	1	99	6	15	21	27	25	14	21	24	26	26	26	23	29	22	22	29	23	21	21				
9	2	2	1	1	115	7	18	26	25	30	16	29	20	24	24	22	21	24	28	25	22	26	26	26	21	29		
9	2	3	1	1	123	6	16	26	28	25	22	19	28	22	19	27	26	23	27	20	21	15	21	26	21	27		
9	2	3	1	2	17	17	30	18	28																			
9	2	4	1	1	132	5	13	22	22	26	25	26	23	19	27	21	22	26	24	25	22	26	20	21	21	29	21	
9	2	4	1	2	31	20	34	28	28	29																		
9	2	5	1	1	121	6	16	18	24	18	21	26	27	19	24	18	17	27	15	26	25	27	26	12	21	16	27	
9	2	5	1	2	20	26	28	27	22	24																		
9	3	1	1	1	113	5	20	21	22	28	21	20	20	31	21	27	18	26	16	25	23	21	25	23	21	21	21	
9	3	1	1	2	30	18	31	30	33																			
9	3	2	1	1	122	5	16	30	30	26	19	28	19	21	17	26	16	26	28	30	21	17	21	26	22	15	30	
9	3	2	1	2	21																							
9	3	3	1	1	160	5	16	25	26	24	15	26	24	22	25	23	20	27	25	20	25	22	27	21	17	25	26	
9	3	3	1	2	25	25	25	29																				
9	3	4	1	1	161	6	39	16	30	32	32	33	27	23	15	21	21	28	27	29	32	33	33	31	21	21	29	
9	3	4	1	2	35	34	30	26																				
9	3	5	1	1	160	6	22	37	22	23	26	30	23	30	18	30	32	28	21	26	31	21	29	32	21	26	31	
9	3	5	1	2	26	26	28	28																				
9	3	6	1	1	153	6	22	22	22	25	21	24	15	27	27	32	30	28	29	27	21	30	15	31	29	31	25	
9	3	6	1	2	25	29	22	28	21	31	24																	
9	3	7	1	1	152	5	28	25	25	26	30	32	23	22	15	31	31	30	32	26	26	29	20	12	31	30	34	

A No planta; B No Nudo; C No Ray; D Ocular;

I Tapeta; I Diámetro promedio; C Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños

B No vasos pequeños; D Diámetro de elementos de vasos grandes

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z			
9	5	1	1	2	11	21	28	18	19	22	27	31	31	30	30	21	20	21	19									
9	5	1	1	1	161	6	19	23	27	24	25	24	23	24	20	22	19	21	20	21	21	21	20					
9	5	1	1	1	270	6	29	31	31	31	32	29	29	31	35	31	33	27	29	20	28	20	19	19	21	21		
9	5	1	1	2	23	23	29	28	29	31	20	28	32	27	23	26	30	23	26	29	21	21	26	21	26	21		
9	5	1	1	1	19																							
9	5	6	1	1	150	5	26	19	26	21	28	25	32	18	23	17	25	24	21	26	20	26	26	26	26	21		
9	5	7	1	1	276	6	14	16	16	25	21	18	25	26	31	26	24	27	20	11	17	18	27	31	20	32	18	
9	5	7	1	2	29	26	29	30	16	17	31	31	30	30	28	31	28	29	30	25	20	26	19	19	21	21	21	
9	5	7	1	1	26	20	20	22	22	23																		
9	5	8	1	1	178	5	26	28	26	28	26	25	16	26	27	22	21	19	24	24	22	22	16	22	21	16	27	
9	5	8	1	2	22																							
9	5	9	1	1	287	7	53	21	21	21	25	26	22	24	24	26	24	20	26	22	26	16	28	19	21	26	30	
9	5	9	1	2	24	21	24	20	31	29	28	32	32	33	32	30	30	30	19	21	22	27	22	23				
9	5	10	1	1	339	8	36	30	30	28	30	32	31	28	20	27	30	32	32	26	30	31	21	31	30	26	31	31
9	5	10	1	2	32	10	36	35	21	13	31	32	31	27	32	30	21	30	15	21	20	28	31	17	22	30	29	
9	5	10	1	3	32	33	35																					
8	91	1	1	1	120	6	32	13	10	10	10	11	11	16	14	16	10	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
8	92	1	1	1	18	6	11	10	22	19	20	18																
8	92	2	1	1	46	7	12	30	27	28																		
8	92	1	1	1	44	5	8	20	17	22	20	14																
8	93	1	1	1	61	5	11	22	13	29	26	21	26	26	20	24												
8	93	2	1	1	67	5	16	15	23	22	25	13	22	21	21	14	27	21	14	18	22							
8	93	1	1	1	68	5	13	26	27	29	29	25	31	28	31													
8	93	1	1	1	52	6	11	13	21	26	25	22	24	25														
8	93	2	1	1	73	5	8	15	24	26	25	33	33	34	33													
8	93	1	1	1	90	6	19	28	24	32	33	30	31	24	22	26	27	26	27	29								
8	93	2	1	1	110	7	28	11	28	31	28	18	25	22	28	26	30	20	26	29	11							

A: No planta, B: No Vado, C: No Raza, D: Ocular.

E: Tija, F: Diámetro promedio, G: Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños.

H: No vasos pequeños, I: Diámetro de vasos pequeños, J: No vasos pequeños.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
8	1	2	1	1	90	6	17	32	26	31	28	19	33	32	36	30	32	26	29								
8	1	4	1	1	93	6	17	34	26	28	25	28	31	28	28	16	27	21	22	21	25	21	11				
8	2	1	1	1	100	6	28	34	27	35	17	31	30	31	27	36	19	29	32	31	35	38					
8	2	2	1	1	86	7	19	33	32	30	34	33	29	22	28	21	26	28	33	35							
8	2	3	1	1	108	7	30	27	24	32	31	28	30	26	25	27	33	25	34	31	28	28	27	21			
8	2	1	1	1	81	6	21	28	30	15	28	31	29	17	28	21	28	31	32								
8	3	1	1	1	140	7	33	35	18	29	31	40	32	29	30	30	30	34	32	27	35	11	34	39	19		
8	3	2	1	1	94	7	17	39	29	27	30	29	38	31	33	26	25	27	15	29							
8	3	3	1	1	150	7	43	35	39	39	38	34	36	35	38	20	34	31	36	32	37	33	28	35	22	16	18
8	3	1	1	1	150	7	35	21	35	35	33	35	39	38	38	29	38	28	12	36	33	32	23	20	31	31	11
8	3	4	1	2	34	27																					
8	3	5	1	1	160	7	24	17	31	35	40	37	34	36	40	34	34	42	18	35	34	36	34	31	39	39	18
8	3	5	1	2	37	21																					
8	3	1	1	1	163	8	21	30	42	50	50	50	32	39	42	39	33	10	34	19	24	32	38	37	29	27	14
8	3	1	1	2	28	30																					
8	3	2	1	1	170	10	37	32	45	47	37	43	33	40	34	41	27	32	34	35	38	38	41	30	25	27	28
8	4	2	1	2	34	28	35	40	31																		
8	3	1	1	1	190	8	40	47	21	33	37	33	38	41	39	29	32	33	36	34	28	23	30	23	28	31	20
8	3	3	1	2	40	42	36																				
8	3	1	1	1	203	8	47	36	15	37	25	29	40	43	29	39	28	33	15	18	35	19	35	40	30	41	36
8	3	1	1	2	40	36	42	31																			
8	4	3	1	1	206	8	39	36	44	30	39	34	42	30	27	44	29	56	45	35	11	45	13	12	45	45	17
8	3	1	1	2	46	40	15	24																			
8	3	6	1	1	200	8	32	31	37	38	30	42	34	17	15	38	45	23	40	22	17	22	37	32	34	39	12
8	3	6	1	2	37	17	20	36	37	41	33	37															
8	5	1	1	1	213	7	33	38	24	34	34	32	33	35	40	36	37	39	36	35	31	30	30	29	36	33	22
8	3	1	1	2	30	27	21	26	29	35	32	34	27	31	38												

A No. planta, B No. Audo, C No. Ranz, D Ocular

E Magna, F Diametro promedio, G Diametro promedio de elementos de vasos pequeños.

H No. vasos pequeños, I Diametro de elementos de vasos pequeños.

A	B	C	D	E	F	G	H	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
H	1	2	1	1	240	H	12																														
H	2	1	1	2	14	15	39																														
H	3	1	1	1	190	H	12	33	32	36	25	38	30	11	22	25	23	36	31	11	23	27	22	19	12	22	11										
H	4	1	1	2	14	28	33	21	26	30	37	29	28	31	38	41																					
H	5	1	1	1	180	7	12	28	36	35	34	35	27	22	36	31	34	36	11	26	11	26	12	19	12	24	38										
H	6	1	1	2	17	35	33	15																													
H	7	1	1	1	70	9	15	25	28	22	28	17																									
H	8	5	1	1	232	10	47	33	16	51	27	54	33	42	35	46	54	46	46	42	33	54	11	11	11	32	18										
H	9	6	1	1	34	32	35	11	26																												
H	10	6	1	2	210	7	16	34	13	47	43	40	39	11	26	35	33	40	29	21	32	21	30	31	48	16	11										
H	11	7	1	1	36	33	35	18	33	29	41	41																									
H	12	7	1	2	240	H	50	30	43	12	35	25	34	37	34	33	28	28	32	33	10	36	18	10	12	21	17										
H	13	8	1	1	29	38	34	26	38	40	42	38	36	38																							
H	14	8	1	2	130	7	29	25	16	15	26	17	21	21																							
10	91	1	1	1	60	1	11	18	24	16	28	26	27	23																							
10	92	1	1	1	62	1	16	29	20	22	23	23	21	22	23																						
10	92	2	1	1	110	7	24	32	36	34	38	34	37	25	38	42	27	12	31																		
10	93	1	1	1	89	5	17	21	23	30	32	32	29	24	26	32	32	24	29	25																	
10	93	2	1	1	67	5	19	26	22	22	20	25	17	21	25																						
10	93	3	1	1	87	6	14	20	19	23	27	32	23	30	21	22	20	28	17	27	28	30															
10	1	1	1	1	91	7	19	36	40	42	37	36	37	32	33	32	37	37	25																		
10	1	2	1	1	123	7	12	27	29	26	30	26	39	28	32	27	33	22	27	21	31	36	29	23	27	27	13										
10	2	1	1	1	36	7	26	19	21	29	35	30	31	30	36	27	34	33	31	30	29	34	29	32	21	17											
10	2	2	1	1	133	7	14	22	31	23	29	26	26	21	31	27	33	35	32	36	33	33	44	30	22												
10	2	3	1	1	140	6	14	22	31	23	29	26	26	21	31	27	33	35	32	36	33	33	44	30	22												
10	2	4	1	1	143	7	30	28	40	33	34	27	29	21	31	32	33	15	39	36	31	31	30	28	11	19	15										
10	2	4	1	2	97																																

A No. planta, B No. Avión, C No. Ray, D No. día.

E Tabla, F Diámetro promedio, G Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños.

H No. vasos pequeños, I Diámetro de elementos de vasos grandes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
10	1	1	1	1	150	7	21	30	36	38	43	41	47	45	49	24	37	32	28	28	25	31	31	37	37	36	
10	1	1	1	2	33	31	32	17	36	33	21	30															
10	1	2	1	1	145	7	21	10	28	12	42	28	12	19	18	36	11	40	12	10	10	10	28	19	19	37	36
10	1	2	1	2	34	26	10	14	18																		
10	1	3	1	1	119	7	16	29	28	39	34	18	28	29	26	34	16	36	35	30	12	34	34	34	29	20	31
10	1	3	1	2	34	36	26	34	11	36	15	30															
10	1	4	1	1	118	6	21	38	32	33	32	33	16	35	36	30	30	13	32	18	10	17	11	31			
10	1	5	1	1	229	9	43	10	38	39	41	12	18	38	37	14	20	10	10	42	30	37	30	50	26	39	31
10	1	5	1	2	16	13	10	15	26	15	33	39	26	31	16	11											
10	1	6	1	1	203	7	23	12	26	10	37	37	38	36	32	38	16	44	10	44	35	49	28	14	31	37	37
10	1	6	1	2	35	23	39	38	19	36	30	42	11	11	27	36	37										
10	1	7	1	1	161	8	40	37	33	11	31	31	31	36	12	21	11	19	36	32	30	35	14	36	40	37	36
10	1	7	1	2	31	37	36	34																			
12	93	1	1	1	60	1	14	13	12	15	11	16	18	16	16	16											
12	93	2	1	1	16	5	15	25	22	21	21	21	22	21	21												
12	93	3	1	1	17	5	15	19	15	15	16	10	16	15													
12	93	4	1	1	52	5	11	21	15	16	20	15	18	14	15	19											
12	6	1	1	1	220	7	47	31	22	29	30	31	26	29	27	27	21	22	28	26	24	26	26	26	24	12	17
12	6	1	1	2	28	25	25	31	32	31	28	20	29	29	21												
12	6	2	1	1	211	7	43	26	31	10	32	10	17	27	33	30	16	26	31	31	22	28	24	24	24	10	17
12	6	2	1	2	23	25	30	30	30	27	22	27	30	36	17	32	17	18	12	31	30	29	24	17	17		
12	6	3	1	1	182	6	46	22	24	30	18	24	30	21	23	23	16	26	25	24	24	22	27	26	20	21	26
12	6	4	1	2	23	25	22	27	26	31	33	25	29	23	23	18											
12	6	4	1	1	218	8	39	28	34	36	38	40	42	31	24	32	24	28	30	24	29	18	34	34	32	31	36
12	6	4	1	2	20	28	29	35	36	37	30	28	18	28	23												
12	6	5	1	1	183	8	28	24	28	23	29	28	25	27	33	31	34	19	11	29	21	24	30	30	27	17	29
12	6	5	1	2	33	24	25	33	32	18	32	28	23	26													

A No. platos; B No. Anillo; C No. Ranz; D Ocular;

E Tarjeta; F Diámetro promedio; G Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños;

H No. vasos pequeños; I Diámetro promedio de vasos pequeños;

A	B	C	D	E	F	G	H	I																							
10	5	1	1	1	297	10	55	12	11	14	10	10	12	25	33	21	13	17	17	28	50	30	12	18	11	17	19				
10	5	1	1	2	35	33	46	14	31	28	10	18	26	14	11	11	14	11	34	17	12	18	16								
10	5	2	1	1	269	8	33	17	12	27	50	34	13	11	17	29	15	39	12	37	11	11	11	10	16	16	16				
10	5	2	1	2	38	11	22	37	38	18	17	37																			
10	5	3	1	1	255	8	43	35	17	30	38	15	12	38	26	11	27	28	35	42	41	31	11	17	29	11	17				
10	5	3	1	2	11	50	46	10	15	17	13	12	15	34	33	27	15	18	42	13	37										
10	5	1	1	1	262	9	52	31	39	22	13	10	12	44	34	16	25	42	17	21	35	31	19	17	10	17	10				
10	5	1	1	2	31	31	35	35	39	35	36	35	39	34	31	26	31	10													
10	5	5	1	1	213	10	13	26	27	12	37	34	12	33	31	28	11	34	22	33	25	16	17	17	17	17					
10	5	5	1	2	12	10	31	31	20	16	31	21																			
10	5	6	1	1	129	5	17	26	24	22	22	28	26	26	16	20	17	21	23	18	26	20	16	16	11	10	28				
10	5	6	1	2	25																										
10	5	7	1	1	328	10	62	27	15	14	15	38	10	11	39	33	16	31	41	36	38	17	15	10	11	15	12				
10	5	7	1	2	12	13	36	34	10	17	16	11	13	17	10	15	17	17	11	13	10	11	18	11	11						
10	5	8	1	1	299	8	53	32	35	30	37	12	14	36	24	32	14	36	17	15	16	15	16	10	11	14	18				
10	5	8	1	2	11	16	17	18	12	13	11	10	10	19	11	12	11	12	13	10	11										
10	5	9	1	1	388	8	53	10	18	10	24	14	13	15	34	13	12	16	16	14	11	10	16	27	10	11	11				
10	5	9	1	2	18	17	16	10	11	13	14	10	16	22	19	12	18	16	10	11	17	12	11	18	11	10	11				
10	5	9	1	3	12	13	10	10	16	10																					
10	5	10	1	1	286	9	49	23	12	19	29	16	11	18	25	17	19	19	12	13	11	15	11	12	10	11	18				
10	5	10	1	2	12	12	17	10	17	15	16	18	11	25	19	27	15	11	18	10	19	15	11	15							
10	5	11	1	1	194	8	22	11	11	14	27	10	24	11	16	20	11	16	15	10	26	11	18	11	20	15	18				
10	5	11	1	2	11																										
10	5	12	1	1	307	8	62	15	10	19	16	15	11	15	10	12	19	10	14	19	14	15	18	11	10	11	11				
10	5	12	1	2	16	15	13	19	10	11	27	17	15	18	12	12	13	11	11												
10	5	1	1	1	372	9	72	12	27	29	26	29	17	10	29	17	18	25	22	25	12	21	26	25	21	26	15				
10	5	1	1	2	21	16	24	28	17	21	20	18	23	19	22	21	22	22	17	23	15	11	16	16	21	21	19				

A No planta; B No Vado; C No Raz; D Deular;

E Tarjeta; F Diametro promedio; G Diametro promedio de elementos de vasos pequeños;

H No Vases pequeños; I Diametro de elementos de vasos grandes;

A	B	C	D	E	F	G	H	I																			
1	8	1	1	3	22	29	32	21	28	15	25	27	34	32	22	31	27	20	16	33	26	25	25	24	26	17	20
1	8	1	1	1	18	24	19	16	20	26	22	25	19	15	31	16	26	25	22								
3	8	2	1	1	372	8	69	32	24	32	33	24	27	24	24	32	28	29	27	22	25	20	27	25	29	26	29
3	8	2	1	2	27	22	24	26	26	31	35	34	33	22	34	34	36	27	32	27	31	32	29	30	21	24	19
3	8	2	1	2	26	29	27	25	27	23	25	26	22	30	32	31	26	31	27	27							
3	8	3	1	1	353	9	66	26	32	34	27	38	31	26	32	32	21	34	19	21	32	24	18	27	20	27	28
3	8	3	1	2	26	23	27	30	35	18	28	27	26	25	29	26	30	33	28	29	28	30	31	31	26	29	30
3	8	3	1	3	32	30	32	20	30	27	29	27	20	36	33	28	22	27	30	32							
3	8	4	1	1	357	8	59	25	28	29	30	27	31	31	28	29	32	31	35	28	38	34	27	36	30	34	20
3	8	4	1	2	30	34	27	35	29	28	25	26	23	18	27	24	26	28	26	31	30	32	28	35	38	32	25
3	8	4	1	3	33	34	29	17	26	29	32																
3	8	5	1	1	355	9	63	34	37	34	31	34	34	38	32	25	26	31	26	40	24	18	31	34	35	26	35
3	8	5	1	2	28	29	30	28	36	26	24	25	28	22	26	27	27	30	26	23	26	20	22	18	32	30	26
3	8	5	1	3	29	36	22	29	33	20	36																
3	8	6	1	1	400	9	84	39	48	38	36	37	41	28	49	53	29	46	49	29	37	20	25	30	20	27	18
3	8	6	1	2	24	25	24	28	17	17	32	22	21	21	21	27	29	31	25	24	23	24	27	28	24	30	26
3	8	6	1	3	25	28	27	27	31	33	34	30	28	31	33	32	35	31	26	36	10	37					
3	8	7	1	1	360	9	78	36	43	38	36	37	28	26	33	34	33	30	37	33	31	19	18	26	22	27	25
3	8	7	1	2	26	21	31	18	17	28	28	20	31	34	29	29	31	29	29	29	32	37	30	31	24	30	29
3	8	7	1	3	22	26	22	31	30	22	29	25	27	32	35	35	38										
3	8	8	1	1	381	8	95	25	21	27	20	27	21	25	17	28	23	21	25	22	24	25	21	18	24	26	24
3	8	8	1	2	22	25	24	17	25	28	25	21	20	28	27	21	27	28	25	21	27	27	27	23	20	17	22
3	8	8	1	3	23	23	22	18	23	23	21	20	20	22	23	21	25	19	22	22	25	25	27	22			
3	8	9	1	1	410	9118	25	15	22	30	15	24	23	26	25	26	24	25	20	25	26	15	24	31	17	17	
3	8	9	1	2	17	27	24	21	23	27	30	25	18	26	17	28	20	21	30	24	18	34	23	23	28	33	26
3	8	9	1	3	18	31	16	28	26	25	28	29	30	26	34	18	22	21	18	20	30	23	29	25	26	28	30
3	8	9	1	4	26	32	25	31	31	30	29	25	25	29	29	28	26	34	29	26	24	22	29	32	18	19	25

A No. planta, B No. Nudo; C No. Raza; D Ocular;

F Tercera; I Diametro promedio; G Diametro promedio de elementos de vasos pequeños;

H No. vasos pequeños; I Diametro de elementos de vasos grandes

A	B	C	D	E	F	G	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	7	6	1	2	23	24	29	42	44	45	47	48	49	50	52	48	44	43	47	49	44	40	47	41	43	41	47	41	47	41	47	41	47	41	47	41	47	41	
1	7	6	1	1	16	26	15	26	37	11	42	27	19	26	30	30	30	38	46	24	29	41	17	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1	7	6	1	1	17	38	51	20	18	12	42	28	42	36	23	47	30	41	25	10	20	40	38	21	36	29	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
1	6	1	1	1	240	8	35	26	35	41	25	44	19	39	38	42	41	21	40	40	35	30	11	36	19	11	41												
1	6	1	1	2	47	19	35	23	28	41	36	19	42	32	19	42	41	21	40	40	35	30	11	36	19	11	41												
1	6	2	1	2	216	8	45	23	28	41	36	19	42	32	19	42	41	21	40	40	35	30	11	36	19	11	41												
1	6	2	1	2	47	13	29	33	32	39	43	41	28	37	37	36	39	42	23	18	51	16	29	35	40	31	27	10	19										
1	6	2	1	2	394	9	57	35	18	28	33	35	19	10	48	42	23	18	51	16	29	35	40	31	27	10	19												
1	6	1	1	2	35	29	40	29	20	43	30	39	18	12	40	46	56	43	38	44	11	35	20	25	26	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
1	6	1	1	1	267	8	56	27	20	16	15	30	41	41	18	26	38	43	21	11	35	20	25	26	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
1	6	1	1	2	41	18	47	26	41	15	36	38	45	45	40	41	24	20	22	32	18	10	21	36	38	32	24												
1	6	1	1	2	30	32	38	35	21	29	32	41	42	38	44	40	40	40	40	37	44	38	37	43	36	36	27												
1	6	1	1	3	223	9	24	23	41	42	25	32	41	42	38	44	40	40	40	37	44	38	37	43	36	36	27												
1	6	1	1	1	42	41	40	19	16	39	28	42	19	32	35	38	10	17	16	51	12	30	17	33	11	21	38	41											
1	6	1	1	2	256	6	40	43	40	32	38	18	39	17	48	18	17	16	51	12	30	17	33	11	21	38	41												
1	6	6	1	1	43	17	44	44	21	15	40	10	42	44	33	36	25	20	19	22	30	24	30	33	19	12	11												
1	6	6	1	2	226	8	28	35	16	19	40	42	40	15	17	36	25	20	19	22	30	24	30	33	19	12	11												
1	6	7	1	1	23	14	26	35	36	39	35	35	21	44	22	37	10	16	21	16	36	19	30	39	39	27	30												
1	6	7	1	2	250	9	42	36	32	41	36	39	35	36	42	27	33	27	15	21	36	19	30	39	39	27	30												
1	6	8	1	1	34	35	31	39	40	16	13	41	36	43	39	10	36	20	15	40	10	20	25	24	12	15	48												
1	6	8	1	2	245	8	38	36	43	35	32	32	45	13	25	17	41	38	29	36	29	31	38	16	12	15	48												
1	6	9	1	1	33	33	10	10	39	31	39	11	37	12	31	38	32	35	12	40	46	35	44	44	11	18	46												
1	6	9	1	2	211	9	45	46	35	38	22	40	36	11	31	38	32	35	12	40	46	35	44	44	11	18	46												
10	1	1	1	1	12	16	34	32	12	29	11	34	42	21	28	36	40	38	36	36	35	27	39	41	39	35	20												
10	1	1	1	1	196	8	22	43	37	27	33	34	44	21	28	36	40	38	36	36	35	27	39	41	39	35	20												
10	1	2	1	2	39	29	30	28	40	15	14	34	32	29	35	10	37	30	31	37	18	30	34	46	37	30													
10	1	3	1	1	211	8	38	41	45	37	45	45	29	35	10	37	30	31	37	18	30	34	46	37	30														

A No planta, B No Nudo, C No Ray, D Cular

F Tarjeta, G Diametro promedio, H Diametro promedio de elementos de vasos pequeños.

I No vasos pequeños, J Diametro de elementos de vasos grandes.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
10		4	1	2	18	16	14	12	10	8	6	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10		1	1	1	213	H	29	40	22	18	14	10	8	6	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10		1	1	1	12	28	38	28	15	19	15	10	18	17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	217	H	21	31	16	17	16	18	17	16	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	22	11	33	16	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	211	7	27	12	17	29	17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	12	18	27	11	19	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	206	9	17	18	15	17	10	15	12	16	12	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
10		1	1	1	15	10	21	21	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	167	H	26	11	12	16	15	19	19	10	18	16	14	12	10	29	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	208	H	33	19	12	12	11	18	21	11	12	19	11	16	12	17	12	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	35	12	10	11	16	18	11	18	11	15	19	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
10		1	1	1	160	H	20	28	12	20	11	28	18	11	15	19	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
10		1	1	1	192	H	17	10	11	10	15	16	17	19	27	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
10		1	1	1	17	18	11	16	10	17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	100	H	11	15	18	11	27	21	11	11	12	10	16	18	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
10		1	1	1	12	27	21	29	28	27	28	26	28	11	17	25	13	10	11	19	20	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	19	25	22	21	28	11	21	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	133	9	52	11	26	10	16	11	10	11	10	17	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
10		1	1	1	36	11	15	19	11	10	11	10	11	10	11	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	20	10	21	17	12	11	17	18	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	183	9	63	25	18	28	17	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	11	11	25	26	27	11	11	16	16	11	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	18	16	12	10	29	12	10	11	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	151	9	57	17	11	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	28	27	10	18	12	19	19	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10		1	1	1	160	H	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	

A No. plate B No. Vnde. C No. Row. D Color

1. Tercer 1. Dimeiro promedio. C. Dimeiro promedio de elementos de tamaño pequeño

B. No. de los 100. C. No. de los 100. D. No. de los 100.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
7	7	5	1	2	31	24	32	27	24	24	28	41	31	20	24	30	31	28	34	25	38	27	28	34	31	27
7	7	4	1	2	30	17	30	34	16	30	21	32	40	31	32	20	22	10	29	38	30	34	31	31	31	32
7	7	6	1	1	304	9	28	22	25	16	37	35	12	25	36	12	10	31	30	27	31	31	31	31	31	32
7	7	6	1	2	34	37	34	10	31	35	17	30	28	21	33	30	30	35	26							
7	7	7	1	1	312	8	36	25	21	12	29	27	13	24	21	26	17	27	32	25	30	26	17	36	33	25
7	7	7	1	2	34	30	32	24	25	27	26	32	11	12	27	22	34	26	28	25	20	29	19	28	31	23
7	7	8	1	1	373	8	40	33	32	41	32	29	19	34	30	28	31	29	23	34	36	33	36	38	37	32
7	7	8	1	2	29	41	12	22	30	29	26	35	26	28	31	11	12	27	29	19	25	19	28	26	26	30
7	7	8	1	1	25	22	24	28	25	27	27	25	27	32	26	28	27	31	23	32	37	17	25	31	19	
7	7	9	1	1	355	8	38	29	22	38	15	16	41	33	21	25	19	27	33	31	17	12	12	15	17	34
7	7	9	1	2	36	29	29	22	30	28	32	28	33	24	34	25	32	34	30	34	39	30	26	26	19	35
7	7	9	1	3	37	14	15	28	37	30	37	27	26	28	22	28	29									27
7	7	1	1	1	205	8	28	24	29	32	26	26	33	11	28	32	41	38	36	30	29	38	15	24	18	31
7	7	1	1	2	34	27	41	36	32	11	36	28	41	29												32
7	7	2	1	1	368	7	29	23	22	27	30	24	27	24	24	24	24	27	28	27	34	29	27	29	21	32
7	7	2	1	2	24	29																				24
7	7	1	1	1	260	8	16	43	15	32	31	40	28	13	37	28	11	40	39	34	34	35	38	12	31	31
7	7	1	1	2	35	31	31	44	38	27	30	15	32	38	10	14	36	10								34
7	7	1	1	1	232	8	30	16	47	41	38	32	16	24	16	15	22	21	30	11	24	32	38	29	41	33
7	7	1	1	2	40	35	36	12	44	10	37	19	27	15	34	36	37									
21	2	1	1	1	92	6	19	38	26	27	27	28	24	28	27	32	30	29								
21	2	2	1	1	100	6	26	36	15	29	23	31	28	40	11	27	28	18	27	27	30	32				
21	2	1	1	1	103	6	30	21	30	18	24	26	15	29	27	32	29	25	31	19	19					
21	2	1	1	1	101	6	30	25	27	11	28	27	28	30	14	24	25	30	25	29						
21	2	1	1	1	91	6	27	31	30	26	22	22	25	28	30	19	30	35	33							
21	2	1	1	1	70	6	18	22	22	27	15	29	26	24	27											
21	2	2	1	1	77	6	25	28	23	25	25	20	25	30	26	27										

A No. planta B No. Vaso C No. Hilo D No. de hilos

F Target: 1 Diámetro promedio 2 Diámetro promedio en elementos de vaso pequeños

H No. vasos grandes I Espectro de elementos de vaso grandes

V	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
20	1	1	1	1	70	6	18	21	23	26	27	28	21	29	21	28	17	21									
21	1	4	1	1	66	6	17	19	24	17	25	19	20	21	20	19											
21	9	1	1	1	51	1	7	18	16	18	18	20	16														
21	6	2	1	1	55	6	13	20	17	17	17	15	21														
21	9	1	1	1	50	1	12	13	10	19	16	17	16	15													
12	5	1	1	1	208	6	25	30	28	21	35	25	28	21	31	32	32	31	21	15	27	30	27	25	27	26	22
12	5	1	1	2	26	27	24	28	20	21	29	27	26	33	34												
12	5	2	1	1	190	8	28	15	21	26	23	29	23	18	36	30	29	33	32	22	28	20	21	30	29	28	21
12	5	2	1	2	24	17	28	30	21	30																	
12	5	3	1	1	170	8	35	33	33	24	21	35	23	30	19	31	30	27	28	32	29	10	15	18	12	11	24
12	5	3	1	2	28	26	32	17	35																		
12	5	4	1	1	180	7	24	31	22	20	15	25	20	25	20	22	17	24	31	23	35	22	32	31	22	28	21
12	5	1	1	2	20	28	29	21	37	29	34	27	29	31													
12	5	5	1	1	180	6	38	28	37	27	34	34	29	29	31	28	23	21	32	26	31	22	30	38	37	34	
12	5	6	1	1	220	8	26	30	31	33	32	28	25	31	18	26	19	28	25	27	18	27	26	29	29	32	32
12	5	6	1	2	25	27	21	17	26	30	19	31															
12	5	7	1	1	215	7	33	25	15	25	32	32	36	28	20	27	17	21	24	29	22	30	37	28	32	37	
12	5	7	1	2	33	29	35	28	31	29	27	26	26	25	31	31	35	19									
12	5	8	1	1	212	7	32	18	32	29	33	37	26	29	41	31	34	35	31	17	33	16	17	27	28	34	30
12	5	8	1	2	37	32	26	10	27	34	21	29	27	25	19												
12	1	1	1	1	87	5	21	28	23	20	16	19	21	23	17	19	18	19	19	25							
12	1	2	1	1	90	6	20	26	30	26	23	27	24	25	29	28											
12	1	1	1	1	77	6	27	16	26	15	28	25	23	24	19	20	15	17	17	21							
12	1	1	1	1	82	6	20	19	21	21	25	20	17	21	25	21	15	21	18	20							
12	2	1	1	1	102	7	35	30	28	30	27	28	15	27	14	19	29	33	21	22	25	26	29	15	28		
12	2	2	1	1	101	7	30	25	32	16	32	15	33	16	34	29	31	26	30	24	30	27					
12	2	3	1	1	102	7	30	28	29	15	30	18	20	26	15	31	33	26	25	18	23	16	19	21	16	27	

V: No. plantas; B: No. Audo; C: No. Raiz; D: Ocular;

I: Tarjeta; J: Diametro promedio; G: Diametro promedio de elementos de vasos pequeños;

H: No. vasos pequeños; L: Diametro de elementos de vasos grandes;

A	B	C	D	E	F	G	H																					
12	2	1	1	1	102	6	12	22	28	25	26	21	29	26	19	21	26	25	27	18	27	21	18					
14	3	1	1	1	57	7	29	45	33	32	28	34	29	34	31	41	16	18	34	16	29	12	45					
14	2	2	1	1	116	7	34	18	27	30	33	30	30	39	30	31	26	31	36	26	36	16						
13	1	3	1	1	145	7	34	30	36	29	21	36	44	36	40	15	35	29	21	31	19	19	36					
14	1	4	1	1	120	7	35	30	19	32	31	28	27	31	33	35	36	30	31	32	31	33	36					
12	1	5	1	1	110	6	18	17	33	36	37	30	31	36	35	31	24	35										
13	3	6	1	1	126	7	31	31	36	36	35	22	19	34	34	38	35	32	33	36	30							
21	5	1	1	1	207	7	42	35	44	43	17	40	42	40	19	50	42	43	32	38	30	31	21	39	37	31	39	
21	2	1	1	2	41	36	35	30	15	36																		
21	3	2	1	1	212	7	51	45	32	39	27	40	33	40	15	38	39	30	36	19	18	36	40	16	37	39	38	
21	5	2	1	2	42	46	38	35	40	39	42	38																
21	3	3	1	1	235	7	59	36	27	40	29	40	41	43	35	42	32	17	45	16	20	32	35	29	33	27	29	
21	5	3	1	2	17	38	28	46	27	18	36	47	38	43	41	41	20	36	28	24	32	36	38	27	46	21		
21	5	4	1	1	193	7	44	36	30	37	34	31	40	45	41	40	21	33	32	39	22	35	41	40	38	31	37	
21	1	4	1	2	43	38	34	37	21	42	15	19	36	30	37	38												
21	5	5	1	1	226	8	50	11	44	42	31	16	35	25	38	45	40	31	38	15	11	30	11	21	43	39	47	
21	5	5	1	2	40	34	36	37	27	32	32	40	24	33	25	45	22	43	14									
21	1	6	1	1	215	7	48	27	27	29	30	31	31	31	27	35	36	39	37	40	36	27	38	25	39	29	44	
21	5	6	1	2	21	42	37	45	46	37	19	34	32	40	17	29	30	33	23									
13	5	1	1	1	283	9	44	32	31	18	10	22	11	37	16	10	19	45	35	37	34	32	12	36	34	44	36	
13	5	1	1	2	10	38	28	24	39	48	42	47	31	51	33	39	40											
13	1	2	1	1	262	8	39	35	29	39	41	31	42	31	41	39	28	37	29	38	13	19	16	19	32	50	21	
13	5	2	1	2	54	37	41	32	42	33																		
13	5	3	1	1	275	7	43	34	24	41	46	47	23	52	52	18	41	36	18	25	45	20	38	38	34	47	45	
13	1	3	1	2	39	46	29	54	38	23	30	44	33	42	15													
13	1	4	1	1	281	9	41	11	28	42	56	16	25	46	35	45	19	25	42	32	21	16	15	10	40	46	49	
13	1	1	1	3	43	16	31	44	42	52	49	53	44	16	45	58												

A: No planta; B: No Audo; C: No Raiz; D: Ocular.

F: Tageta; I: Diámetro promedio; G: Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños.

H: No vasos pequeños; I: Diámetro de elementos de vasos grandes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1	1	1	1	1	282	5	40	35	45	41	41	45	48	32	40	38	35	17	28	26	35	44	44	40	41		
13	1	1	1	2	16	31	52	41	16	18	36	18	26	26	26	38											
14	1	1	1	1	12	1	17	19	16	21	19	11	11	17	20												
14	1	1	2	1	62	6	18	21	20	26	28	28	32														
14	1	1	1	1	60	5	17	21	20	18	18	19	21	21													
14	1	1	1	1	31	6	21	19	20	16	19	22	21	23	23	10	17	18									
14	1	1	1	1	51	5	18	20	18	14	21	18	19	12	13	11	11										
21	1	1	1	1	161	6	37	32	22	36	40	35	33	37	37	38	41	36	20	48	21	37	35	19	22	15	18
21	1	1	1	1	18	30	18	35	16																		
21	1	1	2	1	166	7	36	37	11	37	29	30	25	29	26	30	20	36	19	38	30	21	11	28	16	12	39
21	1	1	2	1	10	36	41																				
21	1	1	3	1	180	6	42	35	37	41	10	11	40	18	46	42	32	17	12	44	37	35	16	18	11	21	10
21	1	1	3	1	36	28																					
21	1	1	1	1	157	6	43	31	35	38	36	39	38	41	34	16	41	32	36	41	27	41	11	31	22	11	
21	1	1	3	1	170	6	40	34	35	33	24	32	30	38	35	17	30	25	31	35	28	46	26	38	21	15	14
21	1	1	5	1	35	27	36	39																			
21	1	1	6	1	171	6	35	45	27	22	35	31	31	31	24	36	32	31	28	33	31	37	27	36	30	30	17
21	1	1	8	1	30	32	39	42																			
12	1	1	1	1	161	6	29	29	24	26	29	21	28	21	24	21	22	26	28	29	15	30	29	27	26	17	14
12	1	1	2	1	155	7	38	23	33	30	21	30	32	32	28	27	21	26	21	29	22	25	17	21	22	30	16
12	1	1	2	1	34	28	28	25	27	25	30	37															
12	1	1	1	1	139	6	31	18	28	28	31	25	31	31	28	31	28	25	31	24	21	38	25	26	21	21	24
12	1	1	1	1	21	27																					
12	1	1	1	1	159	7	36	32	15	25	26	25	32	25	29	22	26	31	16	31	16	20	15	19	30	28	18
12	1	1	1	2	27	26	25	30	31	36																	
12	1	1	5	1	154	6	28	35	31	36	33	27	30	19	30	20	31	28	26	27	15	30	32	22	20	29	14
12	1	1	6	1	132	7	30	25	18	22	30	26	31	27	28	29	26	21	33	20	32	29	15	31	21	29	17

A No planta; B No. Nudo; C No. Raiz; D Cular;

E Tangela; F G Diámetro promedio; H No. vasos pequeños; I Tangela; J K Diámetro promedio de vasos pequeños;

H No. vasos pequeños; I Diámetro de vasos pequeños;

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1	7	7	1	2	17	30	13	19	41	41	40	41	48	1	18	30	38	40	29	21	16	15	19	10	61	29	36
2	7	7	1	1	18																						
3	7	8	2	1	330	8	17	43	41	23	41	44	44	16	21	16	48	30	19	21	12	15	11	18	13	10	11
4	7	8	1	2	36	38	12	21	42	38	10	38	41	36	17	41	16	39	38	15	23	22	37	17	18	19	19
5	7	8	1	3	42	28	10	18	45	28	12	22	18	41	27												
6	7	9	1	1	296	8	15	26	33	21	15	19	16	11	19	16	21	40	12	48	10	11	11	13	14	34	16
7	7	9	1	2	34	34	16	11	38	39	31	33	40	32	10	17	32	46	17	30							
8	7	10	1	1	387	8	45	47	22	44	52	44	46	47	18	20	19	47	49	54	11	12	18	19	25	39	12
9	7	10	1	2	52	36	31	41	18	60	48	49	49	44	50	45	12	51	44	31	22	39	46	50	45	49	31
10	7	10	1	4	48	14	42																				
11	7	11	1	1	350	8	55	45	16	38	47	45	49	18	45	34	48	12	38	15	46	45	42	20	31	16	18
12	7	11	1	2	16	24	27	38	35	33	16	46	24	22	41	42	41	41	16	50	15	18	19	41	52	15	13
13	7	11	1	3	46	43	15	32	32	48	48	15	24	45	43	41	25	22	48	48	34	40	40	17	20	21	33
14	7	11	1	4	24	15	20	37	19																		
15	7	12	1	1	212	8	15	21	29	32	19	31	32	30	11	23	30	12	43	24	27	31	39	19	36	16	14
16	7	12	1	2	37	36	32	41	15																		
17	8	1	1	1	329	9	56	34	34	40	36	37	42	21	42	39	13	41	49	11	15	30	46	40	22	14	11
18	8	1	1	2	20	37	38	41	10	17	17	14	16	46	30	11	35	26	10	24	41	22	24	33	37	10	10
19	8	1	1	3	17	30	35	10	26	31	20	34	40	17	37	28	24	27	15	15							
20	8	2	1	1	308	10	66	18	30	36	38	42	39	21	16	20	19	41	19	15	47	23	45	21	10	17	18
21	8	2	1	2	16	19	21	38	10	24	26	45	22	17	19	49	29	41	15	20	38	45	39	18	41	21	34
22	8	2	1	2	21	45	27	15	31	17	19	30	38	26	25	26	41	16	41	22	38	42	31	16	35	19	31
23	8	2	1	4	21	34	24	31	20	27	39	39	26	18	19	21	37	31	23	17	30	26	10	19	10	20	
24	8	3	1	1	320	10	67	30	30	45	32	34	20	36	20	34	30	32	19	36	29	13	12	15	18	16	10
25	8	3	1	2	24	33	34	39	36	33	31	37	29	33	26	31	36	35	37	11	44	30	11	11	28	24	26
26	8	4	1	1	31	18	33	25	26	17	30	30	25	20	22	31	20	30	16	42	44	15	39	26	15	20	11
27	8	4	1	1	21	33	35	24	32	19																	

A No planta, B No Vudo, C No Raz, D Ocular.

F Tarjeta, I Diametro promedio, G Diametro promedio de elementos de vasos pequeños.

H No vasos pequeños, J Diametro de elementos de vasos grandes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
8	10	1	5	39	27	12	20	20	11	10	35	19	11	19	15	18	35	16	19	15	36	20	11	25	32	
8	11	1	1	355	10	59	27	31	15	28	15	36	20	38	17	17	15	11	38	38	26	16	31	31	21	
8	11	2	2	21	10	31	22	42	27	12	15	17	28	27	17	22	17	21	16	32	19	39	19	37	15	
8	11	3	3	27	16	38	15	17	20	10	16	11	11	29	53	21	15	17	11	17	12	11	15	25	40	12
8	11	1	1	20	31	22	35	33	17	21																
8	12	1	1	380	10	97	31	27	28	39	24	20	37	38	16	37	35	25	25	34	17	18	31	16	19	16
8	12	2	2	17	16	15	25	44	16	18	16	39	16	30	21	25	31	23	19	17	15	16	34	20	28	38
8	12	3	3	22	18	31	34	31	35	25	34	17	21	39	16	17	26	16	38	15	32	10	25	15	31	19
8	12	1	1	15	30	19	20	27	10	17	22	16	18	28	18	19	31	53	18	15	51	15	26	36	11	21
8	12	5	5	18	17	20	25	31	21	18	31	39	19	21	29	19	10	27	29	25	26	39				
8	13	1	1	332	10	59	35	18	37	15	40	31	15	20	43	34	34	37	38	35	10	37	36	25	32	31
8	13	2	2	30	22	31	35	18	34	20	30	26	15	17	28	28	36	25	38	43	35	40	39	36	41	38
8	13	3	3	17	17	45	52	17	23	11	27	13	38	37	36	25	42	26	18	41	24	19	13	20	26	15
8	14	1	1	302	8	51	31	27	30	18	31	20	22	38	15	33	23	36	29	39	22	25	15	17	21	19
8	14	2	2	42	26	45	38	22	25	19	11	13	31	39	38	36	35	36	25	29	10	30	29	31	31	13
8	14	3	3	35	36	34	29	30	34	30	38	23	12	15	18	35	30	36	31	31	10					
8	15	1	1	360	9	73	35	30	39	33	40	15	20	16	11	35	25	11	19	38	12	18	18	21	36	37
8	15	2	2	26	31	30	19	31	31	31	19	33	26	11	21	31	23	11	21	15	12	30	11	11	22	18
8	15	3	3	30	27	33	34	18	30	31	10	16	31	38	23	30	31	30	15	22	30	21	28	30	22	
8	16	1	1	350	10	82	15	16	31	37	18	12	21	16	17	46	15	18	23	12	14	11	20	30	17	11
8	16	2	2	31	20	31	16	19	11	38	26	38	39	20	32	45	26	18	39	15	16	20	17	35	16	21
8	16	3	3	19	41	36	57	52	12	15	50	50	16	21	51	30	20	21	11	12	15	16	15	10	16	31
8	16	1	1	31	31	32	29	28	29	32	33	19	33	10	20	42	11	19	16	34	12	16	26	12	25	
8	17	1	7	290	101	32	15	18	36	43	39	27	34	12	15	38	38	16	25	16	31	28	32	29	18	
8	17	2	2	25	26	28	32	31	22	17	22	21	23	16	25	24	22	16	25	16	11	16	18	16	12	15
8	17	3	3	18	17	33	16	31	18	43	18	43	21	30	19	32	22	28	27	18	23	27	28	18	22	17

A: No. planta. B: No. Vudo; C: No. Raza. D: D color.

F: Tapa. I: Diámetro promedio. G: Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños.

H: No. vasos pequeños. I: Diámetro de elementos de vasos grandes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I																							
3	7	7	1	2	16	36	30	32	22	25	43	17	36	38	34	32	46	38	37	38	26	37	37	31	32	30	31				
3	7	7	1	1	33	18	37																								
4	7	8	1	1	221	9	16	35	38	31	27	26	26	26	25	25	29	15	26	29	25	30	21	25	28	22	22				
4	7	8	1	2	30	27	24	28	20	24	16	20	28	26	23	22	26	30	34	30	28	31	36	23	36	37					
4	6	1	1	1	149	5	37	21	17	18	19	21	24	27	25	24	25	25	24	20	15	23	23	25	25	23					
3	6	2	1	1	126	8	28	20	35	32	31	37	38	32	33	36	19	30	27	35											
3	6	3	1	1	198	7	46	32	34	23	33	38	33	31	33	30	33	17	25	35	31	28	32	38	38	31	28				
3	6	3	1	2	24	35	36	24	26	27	30																				
3	6	1	1	1	193	8	38	30	28	35	36	33	31	35	32	29	30	29	29	35	38	35	27	42	26						
3	6	5	1	1	142	8	26	24	25	29	26	31	26	37	21	39	33	26	26	26	26										
3	6	6	1	1	226	10	49	30	37	32	30	26	28	15	28	27	29	29	16	32	31	32	35	36	30	23	31				
3	6	6	1	2	34	36	29	32	30	26	30	35																			
3	6	7	1	1	223	10	54	22	27	25	29	30	32	38	15	36	19	42	21	38	34	36	35	37	37	35	33				
3	6	7	1	2	34	36	29	41	41																						
3	6	8	1	1	180	8	47	39	30	34	38	31	30	16	30	27	35	27	27	32	20	21	29	26	29	30	37				
3	6	8	1	2	32	26	28	15																							
7	8	1	1	1	317	8	69	26	28	35	26	23	29	28	25	26	26	21	25	23	26	20	31	28	21	32	27				
7	8	1	1	2	31	26	26	30	29	28	27	27	27	26	15	28	20	22	21	25	30	26	30								
7	8	2	1	1	328	7	47	28	38	32	29	29	30	28	26	28	26	35	36	32	31	26	20	28	31	23	27				
7	8	2	1	2	26	27	25	24	27	18	27	28	20	24	27	17	32	25	18	21	22	21	18	23	22	31	37				
7	8	3	1	1	301	7	50	22	30	25	26	17	27	18	26	29	28	27	26	30	30	19	29	20	28	28	24				
7	8	3	1	2	25	26	25	27	23	30	28	31	22	16	36	30	34	20	34	36	29	30	31	31	24	36	35				
7	8	4	1	1	237	7	62	23	18	22	18	18	16	15	19	19	24	17	23	25	27	27	21	23	19	21	24				
7	8	4	1	2	23	15	21	22	22	19																					
7	8	5	1	1	333	6	39	30	32	28	32	35	31	35	35	33	32	38	31	25	25	28	29	24	29	35	29				
7	8	5	1	2	33	28	24	35	28	24	20	28	24	27	19	16	20	23	26	30	24	28	12	27	19	30	28				
7	8	6	1	1	308	8	68	26	27	27	29	27	22	30	27	22	25	27	28	19	26	22	29	26	29	29	36				

A: No placa B: No Audo. C: No Razo; D: Ocular.

I: Tarjeta. J: Diametro promedio; G: Diametro promedio de elementos de vasos pequeños.

H: No vasos pequeños; I: Diametro de elementos de vasos grandes.

A	B	C	D	E	F	G	H																				
41	91	1	1	1	57	4	26	20	18	7	20	19	18	20													
41	92	1	1	1	47	5	11	13	13	18																	
41	92	2	1	1	21	3	5	11	7																		
41	92	3	1	1	36	3	6	12	16	16	13																
41	91	1	1	1	134	6	33	15	22	14	19	26	15	22	14	20	16	19	18	19	23	17	13				
43	91	1	1	1	55	5	20	21	17	17	13	20	17	20	21	23											
43	91	2	1	1	18	4	19	14	14	14	16	14	11	15													
43	91	4	1	1	56	5	20	21	17	21	17	19	16	16	17	19	18										
43	91	1	1	1	55	4	17	15	16	16	18	17	19	17													
41	92	1	1	1	10	5	17	16	17	16	14	15	14	14													
43	92	2	1	1	48	6	16	18	12	21	18	15	13	17	16												
43	91	1	1	1	155	81	14	15	14	11	17	13	10	13	13	10	20	10	14	10	14	12	12	11			
44	93	1	1	1	69	5	21	24	21	22	22	13	20	17	21	19	18	16	20								
44	91	2	1	1	59	5	13	18	18	21	19	20	22	21	19	12											
44	91	3	1	1	65	5	20	17	20	22	25	23	23	15	21	12	20										
44	91	4	1	1	55	4	21	16	17	17	19	16	16	16	11	18	11	19									
44	91	5	1	1	55	4	22	17	18	19	16	16	15	21	18												
44	91	6	1	1	68	5	19	18	22	20	20	20	22	12	21	19	11	22	19								
44	92	1	1	1	34	4	8	12	12	14																	
44	92	2	1	1	32	4	4	10	11	9	8	8															
44	92	3	1	1	52	6	12	15	14	20	20	16															
44	92	4	1	1	31	3	6	10	10	12	7	9															
44	92	5	1	1	48	7	12	15	17	19	15	17	17														
44	92	6	1	1	26	4	4	8	7	9	8																
44	92	7	1	1	24	4	7	10	8	10	7																
44	92	8	1	1	23	4	7	13	11	9	8																
44	91	1	1	1	140	5	44	13	12	10	22	16	10	10	18	16	15	10	10	15	10	11	25	10	11	25	11

A: No planta; B: No. Nudo; C: No. Ramo; D: Ocular;

F: Targeta; I: Diametro promedio; G: Diametro promedio de elementos de vasos pequeños;

H: No. vasos pequeños; I: No. de elementos de vasos grandes;

A	B	C	D	E	F	G	H												
13	1	6	1	1	60	5	23	17	18	16	20	21	19	20	18	18	11	20	20

A No. placa. B: No. Sudo; C: No. Raz; D Ocular.

F Tarjeta; E: Diámetro promedio. G: Diámetro promedio de elementos de vasos pequeños.

H No. vasos pequeños; I: Diámetro de elementos de vasos grandes.