

870132

1

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

209

FACULTAD DE AGRICULTURA Y GANADERIA



TEJES CON
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANTACION PARA ZONAS
URBANAS QUE PERMITA LA ORIENTACION DEL CRECIMIENTO
DE LAS RAICES DE LOS ARBOLES.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
AREA AGROECOSISTEMAS

P R E S E N T A
ENRIQUE CASAS RAMOS

GUADALAJARA, JALISCO. 1989



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 está 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.

C O N T E N I D O

Página

INDICE DE FOTOGRAFIAS	i
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	v
SUMMARY	x
I. ANTECEDENTES	1
1.1 Presentación del problema	3
1.2 Justificación	5
II. OBJETIVOS	9
III. PREGUNTAS DE INVESTIGACION	10
IV. REVISION DE LITERATURA	11
4.1 Importancia de los vegetales en las zonas urbanas	11
4.1.1 Ventajas de las áreas verdes y arboladas en las zonas urbanas	15
4.1.2 Desventajas de los árboles en las zonas urbanas	16
4.1.2.1 Problemas para el desarrollo del árbol en la ciudad	16
4.1.2.2 Problemas que causa un árbol en la infraestructura urbana.	25

4.2	Recomendaciones de los organismos oficiales respecto a la plantación de árboles en las zonas urbanas	31
4.2.1	Descripción del diseño propuesto por la Regiduría de Parques y Jardines - del Ayuntamiento de Guadalajara	32
4.2.2	Análisis crítico del diseño propuesto por la Regiduría de Parques y Jardines	38
4.3	Análisis de la morfología y desarrollo del sistema radical del árbol	43
4.3.1	Origen del sistema radical	44
4.3.2	Tipos de raíz	45
4.3.2.1	Raíz pivotante	45
4.3.2.2	Raíces fibrosas	46
4.3.2.3	Raíces adventicias	47
4.3.3	Crecimiento del sistema radical	48
4.4	Factores del medio que interactúan en el desarrollo de la raíz	50
4.4.1	Contenido del agua en el suelo	50
4.4.2	Contenido de aire en el suelo	52
4.4.3	La temperatura del suelo	53
4.4.4	Contenido de sales minerales (nutrientes) en el suelo	54
4.5	Control del crecimiento del sistema radical.	55

4.6	Bases para el diseño de un sistema de planificación	60
4.6.1	Bases teóricas	60
4.6.2	Bases técnicas	63
4.6.2.1	Crecimiento en profundidad.	63
4.6.2.2	Crecimiento en superficie .	64
4.6.2.3	Factores que limitan el crecimiento radical	65
V.	MATERIALES Y METODOS	67
5.1	Materiales	67
5.2	Metodología	69
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	80
VII.	CONCLUSIONES	87
VIII.	RECOMENDACIONES	89
IX.	LITERATURA CITADA	91
X.	ANEXOS	95

INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA N ^o	CONTENIDO	Página
1	La disminución de la provisión de agua ...	19
2	Disminución de la radiación solar y del tiempo de insolación	20
3	Reducido espacio vital para el desarrollo de raíces	21
4	Intermitente corte de raíces	22
5	Contaminación	23
6	Destrucción de las partes aéreas, incluyen <u>do</u> podas irracionales	24
7	Destrucción de banquetas	26
8	Destrucción de la red de agua y alcantarillado	27
9	Problemas sobre el cableado (luz, telé <u>fo</u> no)	28
10	Derribo de los árboles por el viento	29
11	Destrucción de pavimentos	30

FOTOGRAFIA N^o

CONTENIDO

12	Cepa, tubo de riego y la forma en que sale el agua de las perforaciones	72
13	Tubos de riego respecto al nivel del suelo	73
14	Adoquinado para aislar el suelo de los agentes atmosféricos (lluvia)	74
15	Tubo de riego y espacio para el engrosamiento del tallo de la plántula	75
16	Plantación piloto con la parte adoquinada	76
17	Monolito con cara frontal de vidrio para observación	77
18	Monolito aislado con plástico transparente y negro	78
19	Zona humedecida por el sistema de riego .	79
20	Raíces en forma radial	84
21	Raíces dentro del cono de humedad	85
22	División de las raíces y su espesor	86

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	CONTENIDO	PAGINA
1	Selección de la especie y buen estado de - los arbolitos	32
2	Transporte adecuado de los árboles	32
3	Verificación del lugar de plantación	33
4	Apertura de la cepa	33
5	Profundidad adecuada de plantación	33
6	Abonado previo a la plantación	34
7	Precaución al momento de separar el árbol de la bolsa	34
8	Precaución al colocar el arbolito en su -- sitio	34
9	No amontonar y apisonar la tierra sobre el tallo	35
10	Sujeción del árbol	35
11	Riego del árbol recién plantado	35
12	Construcción del cajete de riego	36
13.	Protección necesaria al árbol recién planta do	36

FIGURA N ^o	CONTENIDO	PAGINA
14	Intervalos de riego	36
15	Importancia del cuidado para el cajete de riego	37
16	Abonado posterior a la plantación	37
17	Las podas implican riesgo si no son adecuadas	37
18	Diagrama de la zona de crecimiento primario de una raíz vista en sección longitudinal	49-a
19	Diagrama representativo del desarrollo radicular en superficie	49-b
20	Diagrama representativo del desarrollo radicular en profundidad	49-c
21	Monolito (jardinera)	69-a
22	Plantación piloto	79-a
23	Diseño gráfico de un sistema de plantación	79-b
24	Desarrollo radical de la plántula en el monolito (jardinera)	86-a

R E S U M E N

Diseño de un sistema de plantación para zonas urbanas - que permita la orientación del crecimiento de las raíces de los árboles.- Por la falta de vegetales las ciudades grandes como la de Guadalajara presentan problemas de diversa índole pero todos relacionados con los cambios climáticos, con el stress o la tensión del ciudadano y por consecuencia la ma - jor propensión a enfermedades. Por otra parte, la necesidad de viviendas ha obligado en muchos casos que las casonas de provincia (espaciosas y con patios arbolados) sean transformados en condominios multifamiliares reduciendo las áreas -- verdes; de ahí la necesidad imperante de incrementar la refo restación de las zonas urbanas, pero esto no puede ser posible así de fácil ya que se presentan serios problemas en el establecimiento y desarrollo de arbolados ya que el árbol -- ocupa de espacio para el crecimiento de su sistema radical - así como volumen en la atmósfera para el desarrollo de sus - funciones vitales que nos son benéficas. De los problemas - más graves es el de la infraestructura de la misma urbanización, pues la mayoría de las calles son aceras angostas con banquetas también angostas y que además en su interior se en cuentran cableados del alumbrado público y demás servicios - como el de agua y alcantarillado.

La necesidad de áreas verdes en m^2 /habitante según Esco

tto (7) y la Organización Mundial de la Salud es de 10 m^2 , - mientras que en la ciudad de Guadalajara a cada habitante se lo le corresponde 2.5 m^2 .

El presente estudio parte de los siguientes objetivos : realizar un proyecto que presente características que permitan orientar el crecimiento de las raíces de los árboles -- plantados en zonas urbanas o donde el sistema radical sea un problema; propiciar el ahorro de agua de riego al aplicarla directamente a la raíz en lugar de humedecer todo el cajete; por último mejorar el panorama visual en las zonas urbanas - mediante una selección de especies adecuadas.

Para lograr los objetivos señalados se parte de las siguientes preguntas de investigación: ¿existe un sistema de plantación por el cual se rijan las personas que quieran un árbol en sus banquetas o camellones?; ¿es posible modificar o crear un diseño de plantación para las zonas urbanas? y -- ¿es factible guiar u orientar mediante un sistema de plantación el desarrollo del sistema radical de los árboles?

Como se trata de revisar un diseño que permita guiar el sistema radical de los árboles a fin de poder establecer una reforestación más intensa y adecuada de las zonas urbanas y debido a que el sistema de plantación publicado por la Regiduría de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Guadalajara es de forma tradicional, se pensó en un diseño de plantación

que se realizó como plan piloto en un camellón de uno de los estacionamientos de Ciudad Universitaria de la Universidad - Autónoma de Guadalajara y a la vez en un monolito (jardine - ra) que nos permitió observar el crecimiento y orientación - de la raíz en un corto plazo de tiempo (4 meses) ya que el - plan piloto requiere de un mínimo de 15 años para esperar re - sultados. Para ello se requirió del siguiente material : 5 plántulas de (Ficus benjamina), 1 plántula de mandarina (Ci - trus aurantifolia), 4 tramos de tubo de PVC (3 de 75 cm y -- uno de 60 cm) de 4" de diámetro, 5 Kg. de fertilizante de la fórmula 17-17-17, 1 tramo de camellón de 1.60 m de ancho por 21 m de largo, 1 recipiente metálico estructural en forma de cubo con una capacidad de 1 m^3 con una de sus caras con vi - drio para observación, 1 m^3 de jal, 17 m^2 de adoquín y plás - tico transparente y negro.

La metodología que se sugirió fue de la siguiente for - ma: primeramente se abrieron las cepas; 3 de ellas con las medidas de 40 x 40 x 90 y 2 de 40 x 40 x 30 cm. Las prime - ras 3 cepas llevan un tramo de tubo de PVC perforados y re - llenados con grava gruesa de la misma jal. El tubo se sentó sobre una capa de grava gruesa del mismo material (jal) y -- posteriormente se procedió al relleno de la cepa colocando - la plántula a menor profundidad, posteriormente se procedió a adoquinar las 3 cepas con el diseño propuesto en tanto en las 2 cepas restantes se hizo la plantación tradicional que - dando la superficie descubierta como se hace en cualquier --

plantación tradicional. La plantación del monolito se realizó de la siguiente manera: primeramente se tendió una capa delgada (5 cm) de grava y se procedió a rellenar colocando el tubo a una profundidad de 60 cm lo más próximo a la cara con vidrio pero en la parte central. La plántula se colocó a 20 cm del tubo y en la parte central; posteriormente se terminó de rellenar con jal y a cubrir la parte expuesta con el plástico transparente con la finalidad de aislar el suelo del sustrato con los agentes atmosféricos ambientales y la cara que lleva vidrio se cubrió con una cortina de plástico negro. El tubo también se rellenó con grava gruesa de la misma jal y al igual que con la plantación piloto el agua y los fertilizantes se aplicaron por medio del tubo; en tanto que en las dos cepas restantes se hizo el riego y la aplicación del fertilizante sobre la superficie del suelo.

El resultado obtenido en el monolito mostró la factibilidad de orientar el crecimiento respecto a la aplicación de humedad y nutrientes ya que las raíces se orientaron en mayor cantidad en dirección a la zona de humedad siendo éstas en mayor número y más crasas que las que se orientaron en sentido opuesto al cono de humedad. En cuanto a la plantación piloto no se esperan resultados a corto ni mediano plazo ya que se espera que las plántulas alcancen el pleno vigor para ver si se orientaron hacia la zona de riego y nutrición sin causar problemas a la infraestructura urbana. Después de realizar el estudio se llegó a las siguientes con

clusiones: 1) Sí se encontró un sistema de plantación que fue publicado por la Regiduría de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Guadalajara divulgado en un boletín; pero dicho sistema es el tradicional que se usa incluso en la plantación de huertos frutales. 2) Existe una selección de árboles forestales urbanos pero no es seguida ni por la misma Regiduría. 3) Es posible la orientación o conducción del sistema radical mediante el riego y la fertilización así como el ahorro de estas dos actividades, tanto de agua como de nutrientes, ya que son puestos en la profundidad deseada y adecuada al sistema radical.

S U M M A R Y

Designing of a planting system for urban areas that permits growth orientation of the tree roots.

Due to the lack of vegetable life, big cities like Guadalajara have various problems, all of which are related to changes of climate, and stress for the citizen, and consequently to a greater susceptibility to illness. On the other hand, the necessity of more housing has led to the transformation of provincial mansions (spacious and with yards full of trees) into many family condominiums, thereby reducing -- green areas; this is the reason for the imperious necessity of an increase in the reforestation rate of urban zones. -- However this is not easy. Serious problems arise during the establishment and development of wooded areas because a tree requires adequate space for the growth of its radical system, as well as adequate atmosphere volume in order to be able to carry out its vital functions which are so beneficial to us:

One of the most serious problems is that of the urbanization infraestructure, since most of the streets are narrow, with a narrow sidewalk, and also host electric cables, and sewage systems.

According to Escotto (7), and to the World Health Orga-

nization the green area requirement given in m^2 /inhabitant - is $10 m^2$, while in Guadalajara there is only $2.5 m^2$ for each inhabitant.

The present survey has the following purpose: to create a project presenting characteristics which will permit growth orientation of the roots of trees planted in urban zones, or wherever the radical system may be a problem; to save water by applying it only to the root without wetting all the soil; and, finally, to improve the landscape of urban zones through an adequate selection of species.

To attain this, the following research questions are made: - Does a planting system exist for those people who wish to have a tree on their sidewalk to be guided by?; - Is it possible to modify or create a planting design for urban zones?; and - Is it feasible to guide, through a planting system, the development of the tree radical system?

Since the idea was to revise a design which would permit the tree radical system to be guided in order to establish a more intense and adequate reforestation of urban zones, and due to the fact that the planting system published by the Park & Garden Department of Guadalajara's City Council, is of a traditional sort, a planting design which was carried out as a pilot plan on the garden bed of one of the parking lots of the U.A.G. was thought of. This design was also --

carried out in a large container which permitted us to observe the root orientation and growth within a short period of time (4 months) since the pilot plan requires at least 15 years before results can be expected.

The following was required to carry this out: 5 Ficus benjamina shoots, 1 tangerine shoot (Citrus aurantifolia), 4 lengths of PVC tube (3 of them 75 cm long and one 60 cm long), 4" in diameter, 5 Kg of formula 17-17-17 fertilizer, 1 garden bed 1.60 m wide by 21 m long, 1 structural metallic container, cubic, with one glass wall to permit observation, 1 m³ in capacity, 1 m³ of limestone, 17 m² of paving stone and black and transparent polyethylene.

The method suggested was the following: first, the trenches were dug; 3 of them 40 x 40 x 90 and two of them 40 x 40 x 30 cm. The first three trenches hold a length of PVC tube, perforated and filled with chunks of limestone. These tubes are laid on a layer of limestone, then the trenches were refilled, and the tree shoots were planted at a lesser depth. Afterwards the three trenches were paved using the proposed design. The remaining two trenches were used to plant shoots using the traditional method, leaving the surface exposed as in all traditional planting. Planting in the container was done in the following manner: first a thin layer (5 cm) of limestone was put in, then the container was filled in, the PVC tube having been laid at a depth of 60 cm, nearest

to the glass but in the central part. The shoot was planted at a distance of 20 cm from the tube and in the central part; after, the container was filled to the top with lime, and -- the exposed part was covered with transparent plastic in -- order to isolate the soil from atmospheric agents, and the -- glass wall of the container was covered with a black plastic curtain. The tube was also filled with chunks of limestone and, as in the pilot plantation, water and fertilizers were given through the tube; in the two traditional trenches, -- water and fertilizers were applied on the surface.

The result obtained in the container showed the feasibility of orientating growth toward humidity and nutrients, -- since the roots grew mainly in the direction of the humidity zone, and those that grew in this direction were also thicker than the few that grew in the other direction.

As for the pilot plantation, results cannot be expected over a short or medium period of time, since the trees must be fully grown before one can see whether their roots grew -- towards the humidity and nutrient zone, without causing damage to urban infrastructure.

After this survey the following conclusions were made :

- 1) A planting system published by the Park & Garden Department of Guadalajara's City Council was found in a bulletin, but it is the traditional system used also in the planting -

of fruit orchards. 2) A selection of urban forestal trees exists but is not applied even by the department itself. 3) The orientation of the radical system through watering and fertilization, and also the saving of both of these, is possible since both are applied at the wanted and adequate depth for the radical system.

I.- ANTECEDENTES

En los tiempos actuales la civilización o cultura ha -- alejado de la convivencia a los seres humanos con los demás organismos que comparten el mismo ecosistema.

Esta cultura ha llevado a formar zonas urbanas en donde el Hombre se agrupa en grandes cantidades de individuos, ais lándolos de la convivencia tanto con vegetales como animales y ahora se están sufriendo las consecuencias de esa separa r - ción ya que por sí solo el Hombre es un ser más del ecosiste m a y por lo tanto igual de dependiente de los otros seres -- que lo conforman.

En ecología se sabe que todos los animales y el Hombre mismo dependen de la producción de alimentos que dan los ve getales y de muchos otros beneficios como lo es la renova n -- ción del oxígeno sin el cual el ser humano no puede vivir.

En las zonas urbanas más que la producción de alimentos, los vegetales importan por la renovación del aire de la noo g fera urbana muy deteriorada, teniendo además muchas otras -- ventajas como las que menciona Escotte (7) entre las que se pueden resaltar las siguientes:

- a) Tienen la facultad de reducir la velocidad del vien e

to hasta en un 50%.

b) Pueden filtrar una tonelada de polvo en un año (polvo mezclado con otras partículas, gases, bacterias y virus).

c) Puede diluir las emisiones radioactivas del aire y el sonido por medio de entremezclas con el mismo aire.

d) Tiene la facultad de reducir en 15 decibeles el sonido, por cada 10 m que se interne en el bosque (parques).

e) Protege al hombre de los rayos ultravioleta emitidos por el sol.

f) Un árbol puede consumir 2.35 Kg de bióxido de carbono en una hora. Para su dilución, normal se necesitarían de 4,800 m³ de aire.

g) Un árbol adulto puede producir 1.7 Kg de oxígeno molecular en una hora, lo cual representa en un día, el oxígeno necesario para 64 personas en el mismo lapso (un día).

h) En un día soleado, hasta de 400 grados lux, aumenta la humedad relativa del aire en un 10% (bajo su sombra).

i) Bajo un árbol, se produce una disminución de la temperatura ambiental hasta 2° C y por las tardes hasta 5° C.

j) Los tonos de diferentes verdes, producen tranquilidad en las personas.

k) Una línea de árboles a lo largo de las carreteras, produce seguridad, cálculo de movimiento y ayuda en la orientación.

l) Muchos árboles y pequeñas plantas, proporcionan esencias de estimulantes, como el té, eucalipto, naranjo agrio, yerbabuena, guayacán, té de limón, etc.

m) La cantidad de vapor de agua, cedida por una planta a la atmósfera es significativa, valorándose en el orden de 350 a 800 litros, la requerida y devuelta por un árbol, para formarse 1 kg de su madera.

1.1 Presentación del problema.

Por la falta de vegetales, las ciudades grandes como la de Guadalajara presentan problemas de diversa índole, pero todos relacionados con los cambios climáticos, con el stress o la tensión del ciudadano y por consecuencia la mayor propensión a enfermedades.

Es común escuchar a los habitantes de antaño la expresión de que Guadalajara ya no huele a tierra mojada y que ya

no tiene el clima subtropical sino, que por el contrario ahora huele a humo y el clima es extremo.

Revisando esta expresión, se encuentra que el crecimiento de la ciudad ha obligado a mayor superficie construida y tapizada con asfalto para facilitar la circulación de mayor número de automóviles, incrementando con esto la polución y disminuyendo la humedad relativa de su atmósfera, por lo que ya no es posible mantener la humedad y el clima agradable que añoran los antiguos pobladores.

Por otra parte, la necesidad de viviendas ha obligado en muchos casos que las casonas de provincia (espaciosas y con patios arbolados) sean transformadas en condominios multifamiliares reduciendo las áreas verdes.

De ahí la necesidad imperante de incrementar la reforestación de las zonas urbanas, pero esto no puede ser posible así de fácil, ya que se presentan serios problemas en el establecimiento y desarrollo de arbolados, puesto que el árbol ocupa de espacio para el crecimiento de su sistema radical así como volumen en la atmósfera para el desarrollo de sus funciones vitales que nos son benéficas. Uno de los problemas más graves es la infraestructura de la misma urbanización, puesto que la mayoría de las calles son aceras angostas con banquetas también angostas y que además en su interior se encuentran cableados del alumbrado pública y demás

servicios de agua y alcantarillado.

En cuanto a la parte aérea se encuentran alambrados de conducción eléctrica y telefónica, representando un obstáculo para el desarrollo normal del árbol.

En cuanto a las áreas verdes o de recreo destinadas expresamente para ello, la falta de educación ecológica y los problemas presupuestales del Ayuntamiento impiden un desarrollo normal de las áreas verdes y de los árboles disminuyendo considerablemente las superficies verdes en contraposición al crecimiento de la ciudad, por lo que la carencia de las plantas y sus beneficios en las zonas urbanas acarrearán los problemas antes mencionados.

1.2 Justificación.

La necesidad de áreas verdes en m^2 /habitante según el estudio realizado por Escotto (7) y en base a la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) es de $10 m^2$. Pero en la ciudad de Guadalajara es de sólo $2.5 m^2$ / habitante, tomando como referencia 3.5 millones de habitantes y una superficie forestal de $8'750,000 m^2$, lo cual acusa un déficit de $7.5 m^2$ de áreas verdes por habitante. Una de las maneras de poder subsanar dicho déficit es recurriendo a una reforestación de las zonas urbanas con las especies ve

getales más resistentes a las condiciones ambientales deterioradas de la ciudad. Pero esta reforestación implica serias dificultades técnicas, ya que como se mencionó anteriormente, el árbol requiere de ciertas condiciones que resultan perjudiciales para la urbanización que no planeó los espacios verdes desde su comienzo, por lo que no se puede plantar un árbol sin antes considerar los problemas que va a causar en los servicios urbanos (agua y alcantarillado, luz y teléfono). En estos últimos problemas la solución puede ser más sencilla; bastará el uso de especies de porte chico a mediano en sus copas o mediante pcdas de formación y control de crecimiento.

El problema principal radica en el crecimiento de la raíz que afecta la infraestructura urbana, por lo que es necesario diseñar un sistema de plantación que permita controlar o dirigir el crecimiento de las raíces del árbol a fin de que éste se desarrolle normalmente sin causar los problemas ya mencionados, mediante el sistema de riego y el uso de los fertilizantes a fin de que la raíz se oriente a ellos.

Cuando un árbol se encuentra ubicado en suelos ricos en sales minerales, agua, espacio, etc., éste crecerá sin ninguna limitante, por lo que podrá desarrollar todo su vigor genético propio de su especie, pero si por el contrario, el medio le es desfavorable, sus raíces tratarán de expandirse en busca de sales minerales y agua originando un crecimiento --

anómalo. En las ciudades es difícil encontrar un medio adé-
cuado apropiado para el desarrollo de las raíces principalmen-
te por los espacios reducidos, por la falta de sales minera-
les y la escasez de agua disponible, por lo que generalmente
las raíces de los árboles de las zonas urbanas se desarro- --
llan más vigorosas a fin de explorar más terreno; este creci-
miento anormal del sistema radical provoca serios problemas
en los diferentes servicios urbanos, por lo que es rechazado
el árbol por los habitantes.

Se ha identificado como principal problema en el desa -
rrollo excesivo de la raíz la falta de agua, por lo que el -
habitante tiene la necesidad de proporcionarle al árbol me -
diante riego que generalmente se aplica en forma superficial
ya que el sistema de plantación tradicional (jardineras o ca-
jates) permiten la aplicación de agua en la parte superior -
del suelo. De esta forma se obliga al sistema radical del -
árbol a que su orientación la dirija hacia los suelos húme -
dos superficiales ocasionando el afloramiento de las raíces
con sus respectivas consecuencias en desperfectos en la in -
fraestructura urbana. El presente diseño trata de conducir
el sistema radical mediante riego y fertilización a zonas --
más profundas a fin de evitar el afloramiento de las raíces
y sus respectivos problemas; así pues el diseño de planta --
ción propuesto se basa en la aportación de agua y nutrientes
en la profundidad requerida para el desarrollo sano del ár -
bol. El riego se lleva a cabo mediante un tubo de PVC, como

puede apreciarse en el diseño gráfico del sistema de plantación. (Fig. N° 23).

Con este diseño se pretende facilitar el desarrollo del árbol disminuyendo los problemas causados por los árboles e incrementar el número de árboles en la ciudad haciendo atractiva su plantación, ya que se ahorran los tradicionales cajetas o jardineras, y el espacio de banquetas no se ve reducido, ya que el diseño permite utilizar una superficie mucho menor que la usada en el sistema tradicional, pues basta con dejar el espacio suficiente para el crecimiento en grosor -- del tallo y la superficie que ocupa el diámetro del tubo. -- (Fotografías N° 15 y 16).

II.- OBJETIVOS

En la presente investigación se desea dar un impulso a la forestación urbana a fin de mejorar tanto las condiciones ambientales como de ornamentación arquitectónica y hacer de la ciudad un habitat más saludable y agradable para los ciudadanos y para los visitantes. Para lograrlo se han planteado, entre otros, los siguientes objetivos:

- Realizar un proyecto que presente características que permitan orientar el crecimiento de las raíces de los árboles plantados en zonas urbanas o donde el sistema radical sea un problema.
- Propiciar el ahorro de agua de riego al aplicarla directamente a la raíz en lugar de humedecer todo el cajete.
- Mejorar el panorama visual en la zona urbana mediante una selección de especies adecuadas.

III.- PREGUNTAS DE INVESTIGACION

El siguiente trabajo se orientará mediante preguntas a investigar, ya que por lo longevo de los árboles no se puede llevar la investigación mediante el diseño experimental, -- puesto que se ocuparía un tiempo de por lo menos 15 años para poder obtener los resultados experimentales; por tanto, -- las preguntas a investigar son las siguientes:

- ¿ Existe un sistema de plantación por el cual se ri --
jan las personas que quieran un árbol en sus banqu
tas o camellones ?
- ¿ Es posible modificar o crear un diseño de planta --
ción para las zonas urbanas ?
- ¿ Es factible guiar u orientar mediante un sistema de
plantación el desarrollo del sistema radical de los
árboles ?

IV. REVISION DE LITERATURA

Para el presente estudio se recurrió a la obtención de información en los diferentes lugares principalmente en bi -
bliotecas, tanto públicas como privadas, así como informa --
ción directa proporcionada por los organismos oficiales como
la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), Regi-
duría de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Guadalajara
y la Secretaría de Gobernación del Estado de Jalisco.

Se han publicado diversos libros referidos a las necesi
dades de arbolado en las zonas urbanas, otros tratan el tema
desde el punto de vista ornamental, otros más sobre los cui-
dades de plantación, incluso se cuenta con un Reglamento de
Parques y Jardines y Recursos Forestales para el Municipio -
de Guadalajara publicado en la Gaceta Municipal (Enero-Marzo
1983) en donde se establecen normas para la conservación, --
restauración, fomento y aprovechamiento de la vegetación fo-
restal, así como incrementar, crear y cuidar las áreas ver -
des.

4.1 Importancia de los vegetales en las zonas urbanas.

La fisonomía urbana juega un papel muy importante en la
salud y bienestar del hombre, pues la ciudad es el habitat -

de una considerable proporción de individuos que han optado por la civilización. Esto lleva, instintivamente, a buscar la ornamentación con plantas vivas, ya sea cultivándolas en los espacios abiertos o en el interior mismo de las viviendas. Las plantas ejercen un estímulo muy favorable para la homeostasis al movilizar los impulsos instintivos de la autoconservación inclinando la actividad en el sentido de la euforia; de esta manera las plantas contribuyen a mantener la salud mental. La psicología de los colores nos habla del efecto emocional que produce cada uno, al grado de identificarse con un determinado estado de ánimo. (8)

En el medio urbano el árbol toma vigorosamente el papel determinante del paisaje urbano. Así, sin entrar en consideraciones semánticas, la masa de ciudadanos identifica como "zona verde" incluso las pequeñas áreas ajardinadas con especies bajas o herbáceas, y en cambio reserva para el concepto de "parque" la aglomeración vegetal con predominio de especies arbóreas.

Está en el ánimo de la sociedad actual, especialmente en las grandes concentraciones de desarrollo vertical, la importancia de los parques y en general de las zonas verdes como elemento compensador de los desequilibrios ambientales y psicológicos de una gran urbe. (22)

Volviendo a los colores, el verde en cualquiera de los

tonos que toma la vegetación arbórea en sus diferentes estadios se identifica con la fuerza de la vida, el deseo de vivir, de gozar de la existencia plenamente. Este color ayuda al habitante ciudadano a menra de bálsamo tranquilizante contra el stress y la angustia que se originan con el ruido y la prisa de la vida urbana. (8)

En el medio urbano la presencia de árboles y arbustos en avenidas, parques y jardines refresca el ambiente y da diversidad y armonía al paisaje por lo vistoso de su follaje y por la belleza de sus flores y frutos. (16)

Además, algunos árboles añaden a su encanto el atractivo del susurro del viento en su follaje y en su frondosidad; murmullo armonioso de las hojas del álamo bajo la brisa, o el gemido del ramaje de la haya con un fuerte viento. No puede olvidarse la actividad estacionaria del árbol en nuestras regiones, su ciclo vital, que comienza en la primavera por el crecimiento, el estallido de sus yemas, el despliegue de sus hojas, continuando por la floración y fructificación, para acabar en el otoño con la coloración general de sus hojas y finalmente su caída. (14)

Esto en cuanto a árboles caducifolios; pero en el medio, en la ciudad de Guadalajara, se cuenta más bien con la presencia de árboles perennifolios en la cual siempre se mantiene el tono verde de los árboles a excepción de algunas espe-

cies que sí tiran sus hojas, pero de cualquier manera el ciclo estacionario de los árboles siempre va a reflejar diversas tonalidades de verde a lo largo del año.

En el aspecto práctico de los árboles, no estará de más insistir en lo necesarios que son cerca del hombre para su supervivencia y salud. Los árboles en parques, jardines y avenidas se consideran como los pulmones de las ciudades y los pueblos.

Es un hecho que durante el día las hojas desechan el oxígeno mientras que absorben el gas carbónico contenido en el aire. Los árboles también constituyen una pantalla protegiendo al hombre de los excesivos ruides que puedan dañar o turbar su reposo, su tranquilidad o sus diversiones. Filtran y atenúan los vientos violentos, su follaje retiene el polvo y sus raíces consolidan el suelo, previniendo de esta forma la erosión.

La contaminación de ciertas industrias puede hacer peligrar la salud con el ruido, la polución, los humos, la circulación intensiva de vehículos; aquí también juega el árbol un papel muy importante oponiéndose eficazmente a este peligro. (14)

El papel que juegan los árboles como moderadores del clima está en función de la transpiración de vapor de agua -

que incorporan a la atmósfera, haciendo las veces de un acondicionador de aire como los que se usan para el interior de los edificios. Un solo árbol, variando, conforme a su robustez y abundancia de follaje, puede evaporar hasta 500 litros de agua cada 24 horas. Su labor anticontaminante, señala el autor David R. Hitchings, con las siguientes palabras: La - dasonomía urbana puede ayudar en el control de la contaminación del aire siempre y cuando se establezca un plan y se -- inicie la selección de especies. Se requieren estudios adicionales para seleccionar los árboles que sean más toleran - tes a la contaminación del aire y los que sean más efectivos en la filtración y dilución de contaminantes atmosféricos. - Estas especies de árboles tolerantes ofrecen un potencial -- considerable para mejorar la calidad del aire si se emplea - como barreras o cinturones verdes al margen de carreteras o en situaciones urbanas adversas. (8)

Aparte de los beneficios anteriores mencionados, que -- significó la presencia del árbol en la ciudad, no se olvide los mencionados por Escotto (7) citado en la introducción -- del presente estudio.

4.1.1. Ventajas de las áreas verdes y arbolados en las Zonas Urbanas.

En la zona metropolitana de Guadalajara se estima que - existen 8,750,000 m² de superficie forestal. lo cual equiva-

le a 2.5 m^2 /persona; si se toma en cuenta 3.5 millones de habitantes de la zona metropolitana de Guadalajara. (7)

Esta densidad en m^2 /habitante equivale en áreas verdes para la zona urbana de Guadalajara en aproximadamente el 1.5% de la superficie total de Guadalajara; comparado con el Distrito Federal este mismo porcentaje de áreas verdes se encuentra entre el 0.02% y el 0.23 % según la zona del Distrito Federal. (17)

La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) recomienda 10 m^2 disponibles por persona; lo cual acusa un déficit de 7.5 m^2 de áreas verdes por habitante en la ciudad de Guadalajara.

4.1.2. Desventajas de los árboles en las zonas urbanas.

A pesar de todas las características que tienen los árboles en la ciudad, tienen serios problemas para adaptarse a vivir en ella; se pueden enumerar y colocar en 2 grandes grupos:

4.1.2.1 Problemas para el desarrollo del árbol en la ciudad.

La concentración tan alta de contaminantes que se encuentran en la atmósfera de la ciudad y que aunque ellos ayudan

dan a limpiarla, cuando se encuentra esta contaminación en gran concentración ni ellos mismos logran sobrevivir y lentamente van muriendo.

Se puede citar el escaso espacio que se les da tanto para su desarrollo subterráneo como para la parte aérea, que es imposible para ellos poderse desarrollar normalmente y -- cuando lo logran, lo hacen a base de destrucción de los servicios de urbanización. Por ejemplo, los árboles de las aceras se encuentran sometidos a un continuo esfuerzo que puede disminuir significativamente su crecimiento e incluso ocasionar su muerte. Entre estos factores Oke, citado por Rapoport (17), incluye los siguientes: (Fotografías de la N^o 1 a la N^o 6).

Fot. N^o 1) La disminución de la provisión de agua por efecto de la pavimentación de calles, cubrimiento de aceras y obras de drenaje de lluvias.

Fot. N^o 2) Disminución de la radiación solar y del tiempo de insolación comparable a lo que, en la naturaleza, se da en el fondo de un cañón o valle profundo.

Fot. N^o 3) Reducido espacio vital para el desarrollo de raíces y follaje.

Fot. N^o 4) Intermittente corte de raíces por obras públicas para la introducción de cañerías o tuberías subterráneas.

Fot. N^o 5) Contaminación.

Fot. N^o 6) Destrucción involuntaria o voluntaria de las partes aéreas, incluyendo podas irracionales.



Fot. N.º 1. La disminución de la provisión de agua -- por efecto de la pavimentación de calles, cubrimiento de aceras y obras de drenaje de lluvias.



Fot. N^o 2. Disminución de la radiación solar y del tiempo -
de insolación comparable a lo que, en la naturale
za, se da en el fondo de un cañón o valle profun
do.



Fot. 3. Reducido espacio vital para el desarrollo de raíces y follaje.



Fot. N^o 4. Intermittente corte de raíces por obras públicas para la introducción de cañerías o tuberías subterráneas.



Fot. N^o 5. Contaminación



Fot. N^o 6. Destrucción involuntaria o voluntaria de las partes aéreas, incluyendo podas irracionales que se hacen a fin de proteger el cableado eléctrico y otros servicios.

4.1.2.2. Problemas que causa un árbol en la infraestructura urbana. (Fotografías de la N^o 7 a la N^o 11).

Cuando el árbol logra sobrevivir a todos los condicionantes del medio, éste empieza por hacer más adecuado su medio creciendo en forma vigorosa y extensa de manera que la infraestructura urbana se ve afectada por este crecimiento en diversas formas y grados. (17)

Los problemas más frecuentes, según Oke, citado por Rapoport (17), son los siguientes:

Fot. N^o 7) Destrucción de banquetas.

Fot. N^o 8) Destrucción de la red de agua y alcantarillado.

Fot. N^o 9) Problemas sobre el cableado (luz, teléfono).

Fot. N^o 10) Derribo de los árboles por el viento y otros accidentes atmosféricos.

Fot. N^o 11) Destrucción de pavimentos.



Fot. N^o 7. Destrucción de banquetas.



Fot. N^o 8. Destrucción de la red de agua y alcantarillado.



Fot. N^o 9. Problemas sobre el cableado (luz. -
teléfono).



Fot. N^o 10. Derribo de los árboles por el viento.



Fot. N^o 11. Destrucción de pavimentos.

4.2 Recomendaciones de los organismos oficiales respecto a la plantación de árboles de zonas urbanas.

Dentro de la información existente preferentemente en tratados de fruticultura y de forestería se encuentra información respecto a los pasos a seguir para realizar una plantación especialmente cuando se trata de trasplantes o propagación vegetativa.

En la mayoría de los autores consultados al respecto se señalan los siguientes pasos: una vez que se tiene el arbolito y el lugar definitivo, se procede a realizar la cepa o el hoyo que deberá ser de un tamaño proporcionado al tamaño del arbolito que en la mayoría de los casos (en tratados de fruticultura) es de 40 x 40 x 40 cm a 40 x 40 x 60 cm; el resto del procedimiento consiste en colocar el arbolito dentro de la copa; si viene con bolsa o en bote o cualquier otro recipiente, se le elimina y se procede a rellenar la cepa con la misma tierra extraída y en algunos casos enriquecida con aportaciones de materia orgánica y fertilizantes. Si es necesario se le pone una espaldera o tutor; posteriormente se procede al riego inmediatamente después de la plantación terminando con esto el primer paso que corresponde a la plantación.

En forma oficial y a manera de guía, la Regiduría de Parques y Jardines de la ciudad de Guadalajara ha diseñado y

publicado un sistema de plantación de árboles en la ciudad a fin de orientar a los habitantes que deseen hacer una planta ción dentro de la zona urbana, pero en realidad se trata de la descripción paso a paso de lo recomendado en los tratados de fruticultura.

4.2.1 Descripción del diseño propuesto por la Regiduría de Parques y Jardines del Ayuntamiento de -- Guadalajara.



Fig. N^o 1

Una vez seleccionada la especie cerciórese que el arbolito o arbolitos elegidos estén en buen estado.

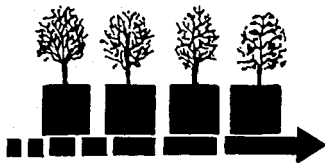
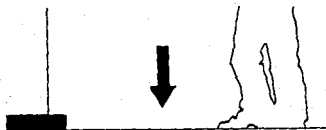
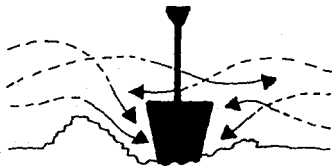


Fig. N^o 2

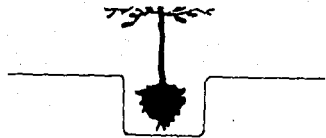
Si los va a transportar acomódelos con cuidado para evitar que se maltraten durante el viaje.

Fig. N^o 3

Verifique que el lugar de la plantación sea el adecuado y que no presentará problemas para el desarrollo.

Fig. N^o 4

Abra el hoyo donde plantará el árbol con varios días de anticipación para conseguir un suelo bien ventilado.

Fig. N^o 5

La profundidad debe ser suficiente para que quepan las raíces sin doblarse. el ancho deberá ser de 40 x 40 - cms como mínimo.



Fig. N° 6

La tierra que se saca del ho
yo puede mejorarse con abono
para que el arbolito crezca
más rápido y con más fuerza.



Fig. N° 7

Separe la bolsa o lata con -
precaución, teniendo cuidado
de mantener la tierra adhiri
da alrededor de las raíces.

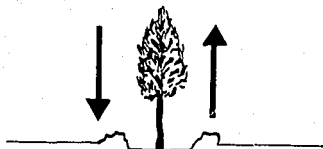
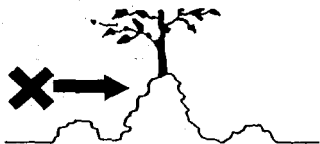


Fig. N° 8

Coloque el arbolito en su si
tio cuidando que quede recto
y llene el hoyo con tierra.

Fig. N^o 9

No apriete o apisone demasiado la tierra y evite amontonarla sobre el tallo del arbolito.

Fig. N^o 10

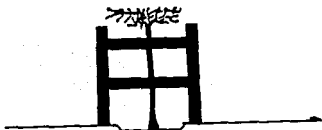
Si es necesario sujete el árbol con un palo, varilla o alambres, para que el viento no lo tire.

Fig. N^o 11.

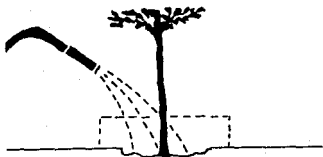
Riegue el arbolito inmediatamente después de plantado para que la tierra se apriete entre las raíces.

Fig. N^o 12

Haga un bordo o cajete alrededor del árbol para que el agua de riego se reparta adecuadamente.

Fig. N^o 13

Coloque una reja de madera, varilla o cualquier otro material para resguardar el arbolito recién plantado.

Fig. N^o 14

Riegue cada tres o cuatro -- días, según la naturaleza -- del suelo y el estado del -- tiempo.



Fig. N° 15

Cuide el bordo o cajete de su árbol para que aproveche mejor los riegos y no permita que crezcan hierbas alrededor.



Fig. N° 16

Abone cada seis meses o cada año los árboles pequeños. En los árboles adultos hágalo una vez cada cinco años.



Fig. N° 17

Si es necesario realizar alguna poda, de preferencia solicite asesoría técnica, una poda mal hecha puede secar el árbol.

4.2.2. Análisis crítico del diseño propuesto por la --
Regiduría de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Guadalajara.

El análisis siguiente no pretende ser una crítica de -
structiva sino por el contrario un reforzamiento de los con -
ceptos de reforestación urbana, por lo que la finalidad de -
este análisis es lograr un habitat en donde se conviva el --
hombre con las especies vegetales. El análisis es perfecti-
ble pero se conserva la idea original de apoyar a la Regidur-
ría de Parques y Jardines en la tarea de reforestar la zona
urbana.

El folleto de orientación propuesto por la Regiduría --
(que es el único que se encontró al respecto) como ya se des -
cribió en los dibujos anteriores, presenta los siguientes --
procesos:

1) Una vez seleccionada la especie cerciórese que el -
arbolito o arbolitos elegidos están en buen estado; en este
primer paso es de suma importancia una buena selección de es -
pecies adecuadas a las diferentes condiciones que proporci-
ona la ciudad a los árboles. Cabe hacer mención de la publi-
cación titulada "El árbol y la ciudad" por Estrada (8), en -
donde se señalan las especies más adecuadas para cada condi-
ción ambiental en la zona urbana.

En el Reglamento de Parques y Jardines y Recursos Forestales para el Municipio de Guadalajara, publicado en la Gaceta Municipal correspondiente a los meses Enero-Marzo de 1988, en el capítulo II, artículo 16, menciona lo siguiente: "Los árboles que en lo sucesivo se planten en el área urbana, deberán ser los adecuados para ésta, quedando prohibido plantar especies diversas a las que autoriza este ordenamiento".

2) En este mismo reglamento en el artículo 17 señala - las especies sugeridas para la reforestación especificando - los siguientes árboles en banquetas de 1.20 - 2.50 m de ancho:

- 1.- Atmosférica (Lagerstroemia indica)
- 2.- Colorín (Erithrina americana)
- 3.- Guayaba - fresa (Feijoa sellowiana)
- 4.- Naranja agrio (Citrus aurantium)
- 5.- Níspero (Eriobotrya japonica)
- 6.- Obelisco (Hibiscus rosa-sinensis)
- 7.- Pata de res (Bahuinia blakiana)
- 8.- Sauco (Sambucus nigra),
- 9.- Yuca (Yucca decipiens)
- 10.- Trueno (Ligustrum japonicum)
- 11.- Las demás que considere la administración general - de parques y jardines.

Cuando se trata de banquetas de más de 2.50 m de ancho,

señala las siguientes especies:

- 1.- Alamillo (Populus tremuloides)
- 2.- Alamo plateado (Populus heterophylla)
- 3.- Chopo (Eucalyptus deltoides)
- 4.- Ficus (Ficus spp)
- 5.- Mandarino (Citrus nabilis)
- 6.- Paraíso (Melia azedarach)
- 7.- Primavera (Tabebuja donenltsmithii)
- 8.- Arrayán (Psidium spp)
- 9.- Las demás que considere la administración general -
de parques y jardines.

Este es un primer intento que manifiesta la preocupación del Ayuntamiento por reforestar la zona urbana con las especies más idóneas respecto a la disponibilidad de superficie para el desarrollo del árbol con una buena integración con los demás factores y condicionantes de la urbanización; sin embargo, cabe señalar en base al desarrollo de las especies mencionadas que la pata de res (Bahuinia blakiana) y la yuca (Yucca decipiens) no son apropiados para usarse en estas dimensiones de banquetas y además para las mayores dimensiones de banquetas se recomiendan los álamos (Populus spp), sin embargo en el programa de reforestación llevado a cabo en el año 1987 - 1988 se plantaron álamos en banquetas hasta de 1.20 m de ancho; así mismo, se encuentra recomendándose los Chopos (Eucalyptus deltoides) y los Ficus; el primero es un árbol de gran

desarrollo que pudiera causar problemas en los servicios de urbanización, en cuanto a los segundos no se señala qué especies del género Ficus pero de cualquier manera las especies de este género son sumamente robustas y solamente el Ficus benjamina mediante control de podas podría adaptarse a las banquetas de más de 2.5 m de ancho.

3) Por otro lado el mismo reglamento en el capítulo II artículo 14 menciona lo siguiente: "si existieran excedentes de producción en los viveros, el Ayuntamiento queda facultado para distribuir tales excesos en la forma y términos que mejor convenga, siempre que no se afecten los programas de forestación previamente elaborados".

En este caso por lo general los viveros del Ayuntamiento recurren a la venta y/o donación de sus excedentes a toda persona o institución que lo requiera, por lo tanto el control de la reforestación urbana se pierde, ya que el habitante escogerá las especies que más le gustan haciendo caso omiso a las recomendaciones de la Regiduría de Parques y Jardines y además por lo general los excedentes son especies arbóreas robustas como las casuarinas (Casuarina spp) y los eucaliptos (Eucalyptus spp) que son los menos indicados para reforestar banquetas contraviniendo la disposición de especies adecuadas tanto en el folleto de orientación como en el reglamento de reforestación.

4) En el siguiente paso señalado por el folleto de -- orientación se menciona lo siguiente: "Verifique que el lugar de la plantación sea el adecuado y que no presentará problemas para el desarrollo de la planta".

Es difícil de encontrar en una zona urbana como Guadalajara o cualquier otra ciudad que tenga su origen o fundación en la época de la colonia con urbanización de la Europa Medieval y de principios de la era moderna, ya que esta planeación no consideraba la convivencia entre los habitantes, las plantas y el urbanismo, por lo que nunca se previó del lugar adecuado para los vegetales a excepción hecha de los parques y de las plazas públicas que en muchos de los casos quedaron adoquinadas o asfaltadas (como el zócalo de la ciudad de México o la Gran Plaza de la ciudad de Monterrey), por lo tanto las banquetas de los barrios de las ciudades y las príncipales calles céntricas son angostas y no permiten el establecimiento de vegetales de manera que el lugar adecuado señalado en el folleto y aún en el mismo Reglamento de Parques y - Jardines no se encuentra tan fácilmente en las ciudades; y - finalmente la forestación con plantas de porte arbustivo les será difícil adaptarse al confinamiento de áreas pequeñas y en el caso de especies arbóreas éstas tratarán de hacer adecuada el área mediante el desarrollo vigoroso de su sistema radical, aún sobre los servicios de urbanización, causando - los debidos trastornos.

5) Continuando con el análisis en la fig. N° 5, se menciona lo siguiente: La profundidad debe ser suficiente para que quepan las raíces sin doblarse, el ancho deberá ser de - 40 x 40 cm como mínimo".

Si se considera una banqueta de 1.20 m de ancho (que en los barrios son las más predominantes al igual que en el centro) se menciona que la excavación para la plantación deberá ser de 40 x 40 cm por lo que quedaría demasiado reducida la banqueta ya que al hacer la excavación se deberá considerar entre 12 y 20 cm de machuelo más los 40 cm nos queda una banqueta de 60 cm que son insuficientes para transitar cómodamente sobre ella, además de que la plántula al ir creciendo (el crecimiento es radial) sus ramas se extenderán hacia los lados obstaculizando más el espacio para caminar. Con este paso y con las consideraciones mencionadas, las banquetas de 1.20 a 2.50 m no deberían de ser reforestadas con especies arbóreas ya que definitivamente no es el lugar adecuado para ninguna de ellas.

6) En los siguientes pasps señalados en el mismo folleto, en especial en las figuras N° 12, 14, 16 y 17 se harán los comentarios junto con el diseño de plantación propuesto.

4.3 Análisis de la morfología y desarrollo del sistema radical del árbol.

4.3.1. Origen del sistema radical.

Es de suponer que el primitivo cuerpo de la planta en forma de eje se diferencia en brote y raíz debido a los diferentes habitats y funciones de las partes aéreas y subterráneas. La gran uniformidad del habitat subterráneo, en contraste con el aéreo, puede ser uno de los factores causalmente relacionados con la relativa simplicidad de la raíz y la retención de algunas de las características estructurales primitivas, las cuales desaparecen finalmente en el tallo. -
(6)

Por su origen se distinguen dos clases de raíces: las normales y las adventicias. Son raíces normales las que se derivan de radícula del embrión, como la primaria y las que de ella proceden: secundarias, terciarias, etc., y raicillas.

Se llaman raíces adventicias las que no se forman de otras raíces y no tienen origen embrional; son las que se desarrollan en los tallos y ramas y hasta en ciertas hojas y frutos. Se encuentran en la base de los tallos del maíz y de la caña de azúcar, en donde ayudan a las raíces normales al sostén de la planta y a la absorción de substancias; también se observan en toda la longitud de los tallos y ramas de la hiedra, en donde desempeñan funciones de garfios o sostén, por medio de los cuales la planta se adhiere a las paredes, cercas, rocas, troncos, etc. Se notan así mismo en los

estolones o tallos rastreros de la fresa, en donde no sólo -
 intervienen en la propagación vegetativa de la planta, sino
 que participan en las funciones de sostén y absorción. En -
 algunas plantas su desarrollo es muy considerable, como suce-
 de en ciertos amates (Ficus religiosa) de cuyas ramas se for-
 man grandes raíces adventicias, que crecen hasta llegar al -
 suelo, y son tan abundantes y robustas, que ayudan al tronco
 en su papel de sostén de la planta. (21)

4.3.2. Tipos de raíz.

Las raíces en forma general se dividen en tres tipos: -
 Pivotantes, fibrosas y adventicias.

4.3.2.1. Raíz pivotante.- Tal y como su nombre lo indi-
 ca, es una raíz principal o pivote muy desarrollada, que lle-
 ga a penetrar muy profundamente en el suelo, en posición ver-
 tical o cercana a ella. Las ramificaciones, en este caso, -
 se presentan separadas unas de otras, y presentan normalmen-
 te menos desarrollo que el eje primario. Un ejemplo muy tí-
 pico de sistema pivotante de gran poder es la raíz del nogal.

Los árboles frutales, en general presentan sistema radi-
 cal pivotante, con varias escalas de vigor, siempre y cuando
 su raíz provenga del desarrollo de la radícula del embrión.

La raíz pivotante de los frutales, a la que antiguamen-

te se daba gran importancia, y la que se aconsejaba no lastimar o acortar, no tiene en realidad, en muchos de los casos, razón de existir como elemento dominante, siendo recomendable en general su despunte antes de la plantación, para provocar por medio de él la ramificación, es decir la formación de numerosas raíces secundarias, que, al formar otras a su vez, darán lugar a un extenso sistema radical que será de mucha mayor utilidad al árbol al explorar una mayor cantidad de suelo.

La raíz pivotante puede ser de gran importancia en casos especiales en los cuales se requiera una gran profundización, tales como la necesidad de un muy fuerte anclaje en el suelo para sostenimiento mecánico del árbol, o exploración de capas muy profundas en vías de abastecimiento de agua. (2)

4.3.2.2. Raíces fibrosas (difusas).- Los sistemas de raíces difusas se componen de numerosas raíces más bien delgadas, de las que las principales son casi iguales en tamaño. Los sistemas de raíces difusas son a menudo totalmente adventicios en las partes maduras, como en el caso de las hierbas, en que la raíz primaria no prosigue su crecimiento y es reemplazada por cierto número de raíces adventicias. En otras plantas de sistemas de raíces difusas, la raíz primaria podrá desarrollar acaso cierto número de raíces secundarias, que crecen más rápidamente que aquella y acaban constituyendo la parte principal del sistema radical. Las raíces de es

ta clase no son, por supuesto; adventicias, puesto que nacen como ramas de las raíces primarias. Las raíces difusas se conservan a menudo delgadas, como en el maíz y otras hierbas, en cuyo caso se designan como raíces fibrosas. En plantas como la batata y la dalia, las raíces difusas mayores se agrandan con alimento almacenado; a estas raíces se las llama raíces difusas carnosas. En muchos árboles, las raíces difusas se hacen leñosas después de años de crecimiento. (9)

4.3.2.3. Raíces adventicias (aéreas).- Numerosas plantas, tanto de la zona templada como de la tropical, producen raíces aéreas sobre sus tallos por encima del nivel del suelo. La utilidad de estas raíces adventicias es variada. Algunas plantas producen raíces aéreas algo engrosadas que absorben y probablemente almacenan el rocío y el agua de lluvia. En una orquídea malaya que crece sobre la corteza de los árboles, el tallo tiene unos tres centímetros, las hojas están reducidas a escamas de color castaño y las raíces, que son verdes, son los únicos órganos fotosintéticos. Raíces que sirven para fijar tallos trepadores se encuentran en el Zumaque venenoso (Toxicodendron radicans) y el jazmín trompeta (Campsis radicans). En algunas plantas, las raíces de apoyo o fulcrantes que contribuyen al sostén junto con las raíces subterráneas nacen del tallo y se meten en el suelo, donde se ramifican profusamente y absorben agua y compuestos minerales. Por ejemplo: en el maíz nacen raíces adventicias de varios nudos por encima del nivel del suelo. Raíces de -

apoyo de tamaño considerable se encuentran en árboles tropicales, como algunas palmas, el mangle y el boniano, árbol de la familia de la higuera. Las raíces adventicias del boniano crecen, a veces unos dos metros, desde las ramas aéreas - hasta encontrar el suelo; su diámetro crece también a tal grado que sostienen como troncos adicionales las grandes ramas. El mangle, que crece en las costas oceánicas o en las márgenes de los ríos a donde llega la marea, produce raíces de apoyo en forma de horquilla que nacen del tronco principal y de las ramas. Estas raíces pueden formar una espesura casi impenetrable. (25)

4.3.3. Crecimiento del sistema radical.

El crecimiento es característico de los organismos vivos por los que también los vegetales tienden a crecer y probablemente sean los únicos organismos que siempre están creciendo hasta el día en que por naturaleza mueren. En los vegetales el crecimiento se lleva a efecto de dos maneras denominadas crecimiento primario a la elongación o longitud de sus raíces y tallos, y crecimiento secundario al desarrollo en grosor o anchura tanto de sus raíces como del tallo.

El crecimiento primario en la raíz se lleva a cabo en la parte apical de la raíz en donde se encuentra el meristemo que se divide en forma continuada produciendo células dando lugar a la elongación de la raíz. El desarrollo se lleva

pues mediante la multiplicación de las células, el crecimiento da las mismas células y posteriormente la diferenciación que es en donde la célula formará parte de algún tejido de la misma raíz y realizará las funciones propias de dicho tejido. (fig. N° 18).

Así mismo el crecimiento primario de la raíz de origen a las raíces laterales que en conjunto forman el sistema radical.

El crecimiento secundario del sistema radical procede de un tejido meristemático formado por células indiferenciadas que conservan su capacidad meristemática y que proceden desde el meristemo primario o apical. Estas células meristemáticas cuando la raíz lo requiere empiezan a multiplicarse en forma tangencial (hacia los lados) dando origen al crecimiento en grosor de los tejidos de la raíz, de esta forma se incrementa el volumen total del sistema radical.

El crecimiento por lo tanto del sistema radical es una interacción que si consideramos un árbol adulto, suficientemente aislado (no sometido a interacciones de plantas próximas) en las condiciones ambientales medias de su habitat ecológico normal, su sistema radicular, aún sometido a todos los condicionantes anteriormente citados, podemos afirmar que, en su distribución, cumple con las siguientes normas:

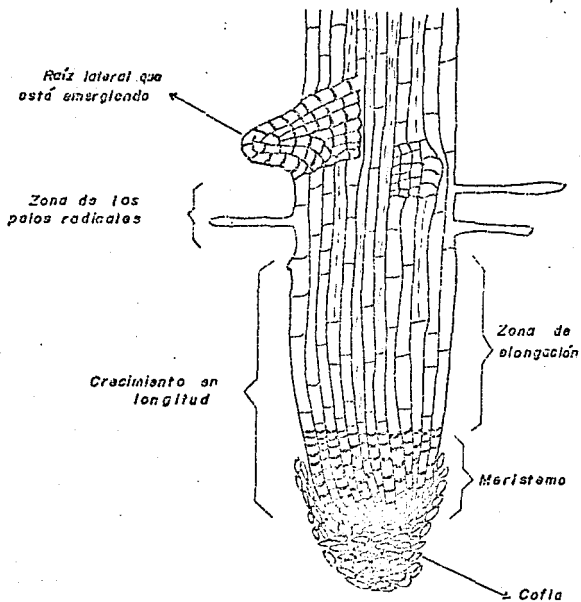
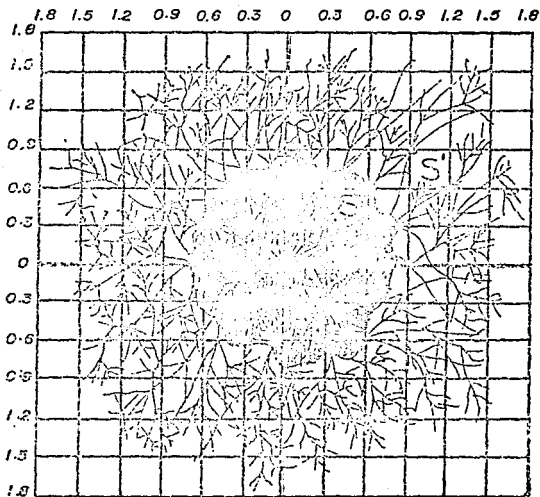


Fig. No. 18 Diagrama de la zona de crecimiento primario de una raíz vista en sección longitudinal. En las raíces típicas, el número de células es mucho mayor del que se muestra en el diagrama, el cual se ha simplificado hasta donde es posible. Tomado de La Planta Viviente de Ray (1985).

METROS



S SUPERFICIE PROYECTADA POR LA COPA.

S'' SUPERFICIE PROYECTADA POR EL SISTEMA RADICULAR.

Fig. No. 8 Diagrama representativo del desarrollo radicular en superficie de un manzano adulto en un suelo franco y fértil. Tomado de Tratado de Arboricultura Frutal de Gil-Albert (1980).

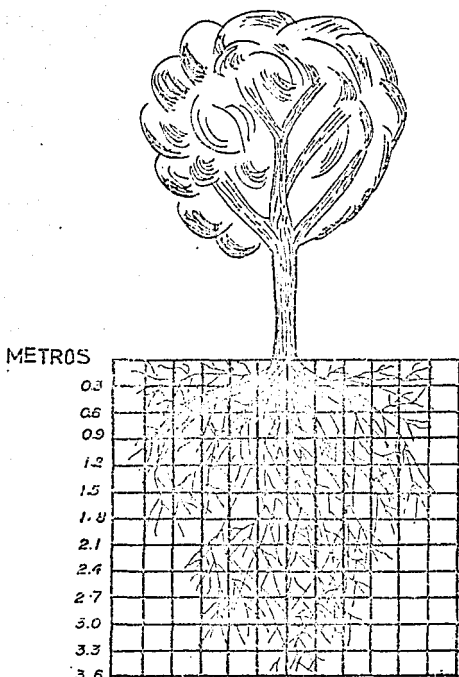


Fig. No.20 Diagrama representativo del desarrollo radicular en profundidad de un manzano adulto en un suelo franco y fértil. Tomado de Tratado de Arboricultura Frutal de Gil-Albert (1980).

1² Su distribución en superficie ocupa un área sensiblemente superior a la proyección de la copa. La relación de superficies proyectadas por el sistema radicular y la parte aérea alcanza valores entre 2 y 50. (fig. N^o 19).

2² Salvo los casos en que existe alguna circunstancia condicionante, la distribución superficial del sistema radicular es, aproximadamente, circular, con un radio medio de 1.5 a 7 veces superior al radio medio de la superficie de proyección de la copa (fig. N^o 19).

3² El 85 % del sistema radicular activo se distribuye entre los 10 y los 90 primeros centímetros de profundidad. Las potentes raíces pivotantes de anclaje de las especies más rústicas y vigorosas raramente sobrepasan los 3 m de profundidad (10) (fig. N^o 20).

4.4 Factores del medio que interactúan en el desarrollo de la raíz.

El medio ecológico de un árbol o de cualquier otro organismo, es una complicada relación de todos los factores tanto físicos como bióticos que interactúan entre sí para formar dicho medio; sin embargo, se consideran como más decisivos o influyentes además de cuantificables los siguientes:

4.4.1. Contenido del agua en el suelo.

Las diferentes especies de plantas explotan distintos niveles del suelo. Las raíces de las gramíneas que forman los prados comunes se encuentran en los primeros centímetros del suelo y el denso césped que forman (junto con los rizomas) puede ser levantado en una capa de no más de 10 cm de espesor. En cierto número de plantas de cultivos comunes, el desarrollo principal del sistema radical se efectúa en una profundidad de 1.0 a 1.5 m, si el suelo lo permite. Los sistemas radicales de más de 3 m de profundidad no son comunes, aún entre los árboles.

La profundidad de la penetración de las raíces está influida por la naturaleza del suelo y por otras condiciones ambientales, así como por sus tendencias inherentes. Una capa dura del suelo o una de roca puede detener el crecimiento. Los suelos saturados con agua no tienen suficiente oxígeno para sostener el crecimiento de las raíces de la mayoría de las plantas y, por lo general, las raíces no penetran más abajo del nivel inferior a que desciende la capa freática durante la estación de crecimiento. Las raíces de las hidrófitas (plantas especialmente adaptadas a lugares húmedos o a agua abierta) no son detenidas por la capa freática. De manera recíproca, las raíces de la mayoría de las plantas no crecen a través de un suelo muy seco, pero las de algunas xerófitas (plantas adaptadas a sistemas muy secos) penetran a través de varios metros de suelo seco antes de llegar a una zona con más humedad.

El desarrollo del sistema radical también está influido por diferencias en las cantidades de agua en diferentes niveles o en distintas áreas del suelo. El mejor desarrollo y - la ramificación más abundante de las raíces ocurre en suelos que están húmedos pero no saturados. Puede lograrse que las plantas cultivadas desarrollen sistemas radicales relativamente someros o más profundos según la frecuencia y la abundancia con que se les apliquen los riegos. Las tuberías de drenaje, que presentan una combinación de humedad adecuada y aireación abundante ofrecen un habitat favorable para el crecimiento de las raíces, en particular para especies adaptadas a suelos húmedos. Las raíces de árboles tales como el sauce y sicomoro penetran por las juntas de las tuberías y proliferan de tal manera que llegan a obstruirlas. (4)

4.4.2. Contenido de aire en el suelo.

Generalmente no se valora bien la importancia que tiene el aire para las raíces de las plantas. Estas, al igual que las otras partes de la planta, respiran, y el oxígeno es tan necesario para la respiración de estos órganos como para la del tallo, hojas, flores y frutos. El conjunto de las raíces y los animales y vegetales del suelo reduce el oxígeno y aumenta la concentración del dióxido de carbono en el aire de los poros. Pero a medida que prosigue el proceso biológico en el suelo ocurre la difusión del dióxido de carbono hacia la atmósfera y la entrada por difusión del oxígeno en el

suelo, lo cual permite una respiración aerobia continua. Es te tipo de respiración predomina en los suelos con buen drenaje durante la mayor parte de la estación de crecimiento. - (25)

4.4.3. La temperatura del suelo.

A medida que la temperatura disminuye, los procesos vitales de las plantas y animales son reducidos hasta que final - mente cesan por completo. Los procesos de crecimiento de la mayoría de las plantas de importancia agrícola son muy lentos a temperaturas cercanas a los 5° C y aumentan hasta temperaturas que varían de 20° a 30° C. Los procesos químicos y las actividades de los micro-organismos que transforman los nutri - mentos de las plantas en formas aprovechables, son también influidos, en forma apreciable por la temperatura. El creci -- miento de las plantas se ve de esta manera influido en forma apreciable, tanto por la temperatura del aire como por la del suelo. (15)

Está universalmente reconocido que las actividades químicas y biológicas son la expresión de la energía. También se sabe que tales cambios, sobre todo los últimos, no pueden seguir con intensidad adecuada, a menos que se mantengan cier - tas temperaturas. La temperatura del suelo es, por tanto, un factor de vital importancia. Por ejemplo, la nitrificación - no empieza hasta que el suelo alcanza una temperatura de unos

4.5° C, siendo sus límites favorables de 26° a 32° C. Las -- temperaturas óptimas para la germinación de las semillas y -- el desarrollo de las plantas, como se podía suponer, varían ampliamente, siendo baja para cultivos como el césped y alta para el maíz. (1)

4.4.4. Contenido de sales minerales (nutrientes) en el suelo.

Una planta obtiene los nutrimentos y el agua del suelo a través de sus raíces; la eficiencia de la utilización del suelo por las plantas es afectada por la densidad y distribución de las raíces. Las plantas perennes, como el roble o -- la alfalfa, no regeneran un nuevo sistema radicular completo cada año; esto les proporciona una ventaja definitiva sobre las plantas anuales como el maíz y el algodón. Esto explica --, en parte, la diferencia en necesidades de agua y nutrimentos de las plantas. Las hortalizas y los cereales frecuentemente -- responden a las adiciones de fósforo. Los árboles de manzano ya establecidos retienen de un año a otro la mayor cantidad de fósforo necesario para sus procesos vitales -- y raramente responden a la fertilización fosfatada. Consideremos -- la extensión de los sistemas radiculares y la extensión -- en que el suelo está en contacto directo con la superficie -- de la raíz.

Se considera en la actualidad que son necesarios cuando

menos 16 elementos para el crecimiento de las plantas. El Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, combinados en las reacciones fotosintéticas, se obtienen del aire y del agua. Estos comprenden el 90 % ó más de la materia seca. Los 13 elementos restantes se toman principalmente del suelo. El Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre se necesitan en más o menos grandes cantidades y se les denomina macroelementos o elementos mayores. A los nutrimentos requeridos en cantidades considerablemente menores, se les llama microelementos o elementos menores e incluyen al Manganeso, el Hierro, el Boro, el Zinc, el Cobre, el Molibdeno y el Cloro.

Más de 40 elementos adicionales se han encontrado en las plantas. Algunas acumulan elementos que no son esenciales pero que tienen un efecto benéfico. La absorción de sodio por el apio, que resulta en este caso un mejoramiento del sabor, es un ejemplo.

Los nutrimentos son absorbidos de la solución del suelo o de las superficies de los coloides como cationes y aniones. Los cationes están cargados positivamente; los aniones tienen carga negativa. (15)

4.5 Control del crecimiento del sistema radical.

El organismo multicelular se caracteriza por un crecimiento organizado de sus diversas partes, que incluye una di

ferenciación armónica de los tejidos. Cada especie tiene -- una determinada forma en sus órganos: en la implantación de las hojas, en su ramificación, etc. La forma de los órganos depende de la distribución de las células, y a su vez ésta depende del plano de división de las células en los puntos de crecimiento y del plano de alargamiento de las células re ci ón formadas. La forma del vegetal descansa, pues, en la polaridad, en la distribución de los cromosomas durante la mitosis. (20)

La polaridad de crecimiento depende de estímulos físi cos como la luz, la gravedad y de otros factores del medio -- así como de sustancias químicas presentes en el organismo -- (Tropismos).

Desde hace mucho tiempo se conoce que en el crecimiento existe una correlación de efectos, de manera que una parte -- del cuerpo del vegetal puede estimular o inhibir el creci mi en to y la diferenciación de otras partes del organismo (20).

Es evidente que esta correlación de efectos debe tener causas inmediatas que promueven los tropismos como la pre s en cia de sustancias químicas (Quimiotropismo), la oferta y la demanda de nutrientes en el suelo (Fagotropismo), la disponibilidad de humedad en el suelo (Hidrotropismo), el dominio del espacio tridimensional tanto de la raíz como de la parte aérea por más individuos de la misma especie o de otras

especies.

Como puede observarse, el crecimiento de un vegetal es una correlación entre factores internos de la planta inherentes a la especie y al individuo (genéticos) y los factores externos proporcionados por los elementos ambientales tanto abióticos como bióticos.

Respecto a los factores inherentes a la especie (genéticos) cabe mencionar el vigor híbrido de la especie que puede manifestarse plenamente en sus miembros según le permitan -- los elementos ambientales pero por lo general aún cuando los elementos del ambiente sean hasta cierto grado inadecuados -- para el desarrollo normal del árbol éste de cualquier manera tomará un crecimiento tipo arbóreo, es decir, puede desarrollarse aunque en forma raquílica pero en dimensiones grandes de acuerdo a su especie (3), y en definitiva las especies arbóreas se pueden agrupar según su vigor en árboles de porte o fuste grande de más de 15 m de altura, árboles medianos entre 5 y 15 m y arbustos o árboles pequeños hasta de 5 m de manera que al reforestar no se debe de confiar en que los -- elementos ambientales inhiban el desarrollo de un árbol para usarlo en reforestación urbana, de aquí que una selección -- adecuada de la especie nos evitará problemas en lo futuro. -

(8)

En cuanto al control de crecimiento por los elementos -

del ambiente especialmente en lo que respecta a la oferta y la demanda de nutrientes en el suelo, la experiencia señala que en un suelo fértil se tendrá un máximo desarrollo del vigor genético de la especie pero el crecimiento radical seguirá el esquema normal del desarrollo de la especie en tanto que un sistema radical en un suelo donde existe demanda permanente de nutrientes, tenderá a desarrollarse más allá del esquema propio de su especie en búsqueda de los nutrientes necesarios, originando con ello un desarrollo desmesurado y un tanto anómalo de su sistema radical. Esto mismo se puede decir de la humedad en el suelo y de los demás elementos ambientales. (8)

Como ya se mencionó anteriormente, el crecimiento de la raíz sigue un esquema específico que en condiciones normales el crecimiento será como se señala en la fig. N^o 20, sin embargo, nos encontramos que en el ambiente del suelo en donde se desarrolla el sistema radical por lo general se presentan diversos obstáculos de manera que si la raíz no puede pasar a través de ellos entonces tomará diversas direcciones buscando librar el obstáculo que en el caso de las zonas urbanas los principales obstáculos son: piedras de cimentación y escombros, tuberías de agua potable y drenaje y ductos eléctricos entre otros; de esta forma, el sistema radical de un árbol de ciudad tomará cualquier dirección afectando a otras partes de la urbanización. En cuanto a nutrientes y contenido de humedad, la mayoría del suelo de la ciudad de Guadala-

jera presenta un perfil que se describe como sigue: tiene un horizonte B de aproximadamente 80 cm formado por arcillas, - rico en elementos nutritivos para las plantas y con buena retención de humedad; inmediatamente se encuentra un horizonte C que es a base de la formación Jalisco (jal); este material es muy estable y casi no reacciona con ningún elemento, por lo mismo no tiene capacidad para retener las sales minerales y además es demasiado poroso por lo que también no retiene - la humedad. En estas condiciones el sistema radical de cual- quier planta se desarrolla preferentemente en los primeros - 80 cm de suelo buscando los nutrientes y la humedad, que en el caso de la aplicación de riego y nutrientes son dados en forma superficial obligando de esta manera a que las raíces tiendan a aflorar ocupando los espacios de los cajetes o jadineras y finalmente extendiéndose por debajo de los pisos o pavimentaciones de la urbanización pero que con el tiempo y debido al desarrollo llegan a destruirlo.

Se conoce que el crecimiento de la raíz también está relacionado estrechamente con el crecimiento de la parte aérea y en cierta forma controlado por la misma parte, de tal mane- ra que si se poda o por alguna otra causa se inhibe el crecimiento del follaje, el sistema radical también inhibirá su - crecimiento. Esto puede observarse en las huertas en donde al no permitir el libre crecimiento del follaje, las raíces también quedan afectadas disminuyendo su vigor. Debe enten- derse esta situación en virtud de que al haber menos superfi

cie de evapotranspiración y al detener la multiplicación celular de los meristemos, el individuo necesitará menos agua y nutrientes de manera que el sistema radical no tendrá que explorar en busca de más nutrientes y agua, de esta manera las podas inducidas o naturales ayudan a controlar el crecimiento del sistema radical.

Además de lo anteriormente dicho, muchas fuentes de sustancias de crecimiento que se fabrican en las hojas y en los meristemos, por las podas son eliminados y dejan de enviar -- sus estímulos químicos al resto del sistema. (24)

4.6 Bases para el diseño de un sistema de plantación.

4.6.1. Bases teóricas.

Por lo general el crecimiento de las plantas como en los animales y en los seres humanos es un hecho indiscutible. Es un proceso complejo de desarrollo progresivo que da lugar a un tamaño y a una producción mayor, un incremento en la madurez y en el número de células, o a la especialización de las partes de la planta. En la naturaleza, las plantas se desarrollan sin la ayuda del hombre; sin embargo, el hombre puede dirigir el destino de la planta al intervenir consciente o inconscientemente en las diferentes fases del crecimiento vegetal.

Los procesos básicos de los cuales depende el crecimiento de las plantas son: la fotosíntesis, para el suministro de sustancias alimenticias; la respiración, para liberar -- energía; la asimilación, para el aprovechamiento de sustancias alimenticias; la absorción, para la captación de materiales primas (agua y nutrientes fundamentalmente); la transpiración, para mantener el flujo ascendente de agua; y la translocación, para el movimiento de sustancias elaboradas. Estos procesos deben de integrarse de tal forma que operan con una eficiencia óptima con el objeto de lograr un crecimiento balanceado en cada una de las partes. (5)

Una planta, ya sea anual, bianual o perenne, presenta ciertos estados o períodos de crecimiento. Durante estos estados, todas las plantas parecen seguir un patrón establecido de desarrollo, de la misma manera en que las células y -- los tejidos siguen un plan en su desarrollo. Los estados -- del crecimiento en las plantas se clasifican como: estado juvenil, estado de transición y estado reproductivo.

a) Estado juvenil.- Este período se caracteriza por un crecimiento vegetativo rápido, dando un aumento de tamaño -- acelerado debido a la utilización de sustancias alimenticias en el desarrollo de los brotes o vástagos, las hojas y la -- raíz. Las superficies de absorción de las raíces y las áreas de producción de nutrientes trabajan al máximo de su capacidad para producir una mayor cantidad de sustancias alimenti

cias para los procesos de la asimilación y el crecimiento -- continuo. A continuación, como suele suceder en todos los -- tiempos de crecimiento entre las especies vivientes, el au -- mento en tamaño disminuye poco a poco y sobreviene un cambio gradual o una transición en el crecimiento. Dentro de las -- especies y los tipos de plantas la terminación aproximada -- del estado juvenil está preestablecida por características -- hereditarias, también es posible reducir el período juvenil y obligar a la planta a madurar o alcanzar el estado adulto en forma prematura obligado por factores del ambiente que ad -- quieren el rango de limitantes como puede ser la humedad, -- luz inadecuada, falta de nutrientes, temperaturas desfavora -- bles, presencia de otras plantas, etc. (5)

b) Estado de transición. -- Como ya se mencionó, este es -- tado identifica a la plántula en el momento en que deja el -- período juvenil en forma gradual, igualmente va adquiriendo -- características del estado adulto. Puede ser identificable -- fácilmente mediante las siguientes características: el creci -- miento se ve reducido en forma notoria, ocurre una mayor su -- berización del tallo y ramas primarias y por último la cara -- terística más importante es su iniciación o ensayo floral. -- (3)

c) Estado reproductivo. -- Este período se caracteriza -- porque la planta empieza a producir frutos que en el caso de -- los frutales, son producciones comerciales. El crecimiento

aunque continuo es muy reducido; cuando el árbol alcanza el estado adulto o reproductivo manifiesta las características en vigor de la especie (fuste) y aunque siga creciendo con - servará el fuste hasta que finalmente deje de crecer el árbol iniciando con esto el período senil o decrepitud del árbol.

(3)

Es posible modificar hasta cierto punto el tamaño de la planta mediante variaciones en su ambiente a través de aplicación de reguladores de crecimiento (5) o bien mediante labores culturales (podas, orientación de ramas, densidad de - población, etc.); o bien mediante el manejo voluntario de -- los factores que favorecen el crecimiento de los árboles que puede ser logrado con el manejo de labores culturales o de - los factores del ambiente orientados principalmente al con - trol del crecimiento de las zonas de absorción (3).

4.6.2. Bases técnicas.

El crecimiento de la raíz se lleva en dos direcciones - siguiendo un plan preestablecido de acuerdo a la información genética propia de cada especie, pero que en términos genera les siguen los modelos de crecimiento que a continuación se describen:

4.6.2.1. Crecimiento en profundidad.- Todas las plantas provenientes de semilla, en la parte inferior del eje del

embrión tienen la radícula que es la primera que emerge al germinar la semilla. Esta raíz primaria está encargada de conducir el crecimiento radical preferentemente en profundidad ya que en el caso de las dicotiledóneas formará una fuerte estructura de anclaje, que se profundiza en el terreno debido al estímulo de los estatolitos ubicados en las células de la cofia de la raíz principal.

El crecimiento de la raíz principal por lo general no rebasa los 3 m en profundidad, salvo sus excepciones estimuladas por los factores ambientales. A esta profundidad, la raíz puede sostener a la parte aérea del árbol, además de que se cuenta con el apoyo que dan las raíces exploratorias.

A la raíz primaria que sirve de anclaje se le conoce como raíz pivotante (3).

4.6.2.2. Crecimiento en superficie.- Una vez que la plántula ha emergido, su sistema radical ha crecido en profundidad (con la raíz pivotante) y a la vez empieza a haber un desarrollo de raíces secundarias que crecen horizontalmente en el interior del suelo. Estas raíces secundarias tienen la función principal de explorar al medio (suelo) en busca de agua y sales minerales. Pueden ser tan extensas que ocupan hasta 50 veces más volumen que la parte aérea, dependiendo de la naturaleza del suelo y de la presencia de sales minerales y agua. Algunas raíces secundarias también tienen

la función de servir de almacenes en donde se guardan reservas de fotosintatos y de agua originando raíces gruesas que se extienden por debajo de la superficie del suelo en diferentes direcciones.

El desarrollo del sistema radical como ya se mencionó, está regido por el genotipo de cada especie pero condiciona a manifestarse en todo su vigor híbrido o no, según los factores ambientales y las necesidades de la planta misma; así, por ejemplo, el Mezquite (Prosopis lebigata) en las dunas arenosas de los desiertos, su sistema radical tiene la capacidad de profundizarse en muchos metros (se han observado raíces de hasta 15 m de profundidad) en busca de la capa freática en donde pueda abastecerse del agua requerida; en cambio los Ahuehuetes (Taxodium macronatum) que crecen sobre las corrientes de agua, sus raíces no rebasan los 5 m de profundidad sin importar la altura de éste, pero a cambio exploran gran superficie de terreno en busca de los nutrientes.

(3)

4.6.2.3. Factores que limitan el crecimiento radical.- Cuando un árbol encuentra el medio favorable para el sistema radical, éste no requiere de grandes extensiones, pues, si el suelo es rico en nutrientes y en humedad, el sistema radical crecerá solamente lo suficiente para sostener erecta a la parte aérea, de esta manera un medio favorable permite solamente el desarrollo normal o vigor híbrido del sistema radi-

cal. Cuando las condiciones ambientales son adversas, es de cir, que el factor limitante sea el agua o los nutrientes, - su crecimiento es mayor que el marcado por el genotipo para la especie, puesto que tendrá que buscar sus alimentos en -- un área mucho mayor de suelo; pero si el factor limitante es la escasez de volumen en el suelo, la planta se verá limita- da a la capacidad nutritiva y de humedad que pueda contener - ese suelo, de esta manera el sistema radical ocupará toda el área disponible y detendrá su crecimiento al no poder exten- derse más.

El sistema radical influye en el crecimiento de la par- te aérea y viceversa, esto está demostrado en el arte del -- Bonsai en donde se combina la poda del árbol con el creci- -- miento radical; de esta forma controlan el tamaño de la plan- ta conduciendo la forma y longitud de las ramas y de las raíz- ces. En la naturaleza es posible el control de crecimiento y orientación de las ramas y raíces de las plantas (23).

V.- MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales.

Como se trata de realizar un diseño que permita guiar - el sistema radical de los árboles a fin de poder establecer una forestación más intensa y adecuada de las zonas urbanas y sin el temor de las consecuencias que generalmente presenta el crecimiento del árbol y de su sistema radical, se ha - pensado en un diseño de plantación que se realizará como -- plan piloto en un camellón de uno de los estacionamientos de Ciudad Universitaria (C.U.) de la Universidad Autónoma de -- Guadalajara (U.A.G.) y un monolito que permita observar el -- crecimiento y orientación de la raíz en un plazo corto de -- tiempo ya que el plan piloto requiere de un período de 15 -- años como mínimo a fin de garantizar que el desarrollo radical es firme y fuerte pero sin causar levantamientos de ma - chuelos y pavimentos o de otra índole.

Para ambos trabajos se describe a continuación el material requerido;

a) El plan piloto se llevó a cabo en un camellón de -- uno de los estacionamientos de Ciudad Universitaria (C.U.); ésta se encuentra ubicada al Noroeste de la ciudad de Guadalajara en el municipio de Zapopan, Jal.

b) El suelo donde se realizó la plantación tiene un sustrato a base de la formación Jalisco (jal), con sólo un horizonte "C".

c) Los materiales empleados fueron los siguientes:

- 5 arbolitos (Ficus benjamina) de 50 cm de altura -- aproximadamente.
- 3 tramos de 75 cm de tubo PVC de 4 pulgadas de diámetro.
- 1 tramo de camellón de 1.60 m de ancho x 21 m de largo de uno de los estacionamientos de Ciudad Universitaria.
- Fertilizante triple 17 (17-17-17).
- Aduquín 17 m².

Para el monolito de observación se utilizó el siguiente material:

- 1 estructura metálica en forma de cubo con capacidad de 1 m³ con una de sus caras provista de un vidrio -- (para observación) y 4 caras con una lámina metálica formando el recipiente; en la cara del fondo se le hicieron perforaciones a fin de que escurriera el exceso de agua de riego. Ver figura N^o 21.
- 1 tramo de 60 cm de tubo de PVC de 3 pulgadas de diámetro.

- 1 arbolito mandarino (Citrus aurantifolia).
- 1 m³ de jal.
- 1 Kg de triple 17 (17-17-17).
- Plástico transparente de 3 m de largo x 1 m de ancho.
- Plástico negro de 1 x 1 m.

5.2 Metodología.

Para la presente investigación se planearon dos actividades de las cuales se obtendrán resultados pero en diferente tiempo.

a) La primera actividad se realizó el 24 de Julio de 1989, con una plantación piloto en un camellón de uno de los estacionamientos de Ciudad Universitaria, la cual requerirá de un tiempo prolongado más allá del tiempo disponible para la realización de la tesis; (de 10 a 15 años) por lo que no es posible esperar resultados de esta primera actividad (fig. N° 22).

b) La segunda actividad realizada el 2 de Junio del mismo año, consistió en el diseño de plantación en un monolito (jardinera) en donde se requirieron respuestas rápidas respecto a la orientación del crecimiento del sistema radicular. La plantación piloto y el monolito se describen a continuación:

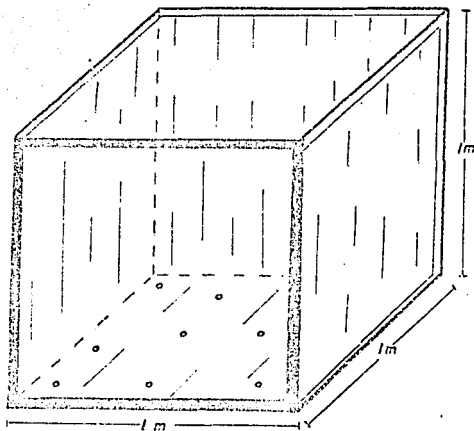


Fig.No.21 Monolito (jardinería) con cara frontal de vidrio para observación y 4 caras metálicas (la cara del fondo con perforaciones).

Para la plantación piloto en el camellón, primeramente se abrieron las copas (5), 3 de ellas de 40 x 40 x 90 cm y 2 de 40 x 40 x 30 cm. Las 3 primeras copas llevan un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro x 75 cm de longitud, estos tubos llevan 2 perforaciones, una de 2.5 cm de diámetro a una profundidad de 35 cm. y la segunda de 1.5 cm de diámetro a una profundidad de 50 cm. (Fig. N^o 23)

La finalidad de las perforaciones, es de humedecer a diferentes niveles previendo que las raíces de la plántula encuentren la humedad a su alcance y conforme se desarrolle -- llen alcancen más humedad en los niveles más bajos. El tubo se sentó sobre una capa de grava gruesa y se relleno con grava de jal (piedra pómex) a fin de que el agua aplicada en el riego no excave, ni corra con violencia socavando el fondo de la copa.

Posteriormente se relleno la copa, procediendo a la plantación para en seguida adoquinar la superficie dejando un espacio de 10 x 10 cm previendo el desarrollo y engrosamiento de la planta a fin de evitar que el agua de lluvia o el jardinero al regar humedezcan la superficie y con ello obliguen a las raíces a aflorar en busca de esta humedad. El espacio entre el adoquín y el tallo se relleno con tezon tle (toba volcánica de basalto); (Fotografías de la N^o 12 a la N^o 16).

Para la construcción de la jardinera o monolito, se hi

zo un cubo de ángulo de 1/2 pulgada y las caras se cubrieron; 4 de ellas con lámina y otra lateral con un vidrio transparente a manera de ventana de observación; a la cara que sirve de base se le hicieron perforaciones para que escurra el exceso de agua de riego y evitar el estancamiento.

Las dimensiones del monolito son de 1 m^3 , es decir, -- $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$, ubicado en la casa habitación del tesista, cerca de Ciudad Universitaria.

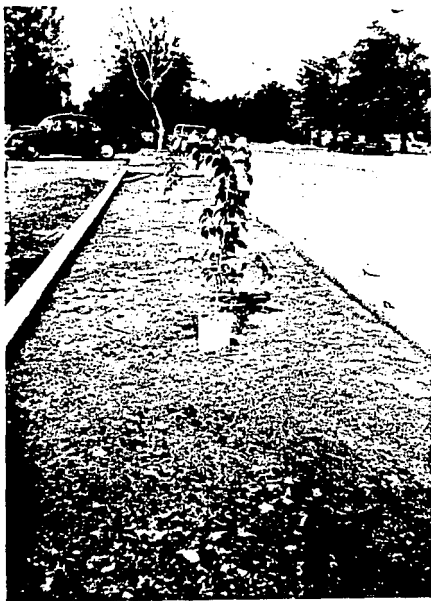
La plantación se realizó de la siguiente manera: primero se relleno el monolito con jal, se puso antes una capa -- delgada de grava, se colocó el tubo de PVC de 60 cm de longitud x 3 pulgadas de diámetro pegado a la ventana de observación en la parte media.

El árbol se plantó en la parte central del monolito. Para evitar la incidencia del agua de lluvia, se cubrió la superficie expuesta con un plástico transparente; así mismo para evitar la formación de algas en la ventana de observación se cubrió con un plástico negro.

El tubo para riego también se relleno con grava de la misma jal con el mismo objetivo que la plantación piloto. -- (Fotografías de la N^o 17 a la N^o 19).



Fot. N^o 12. Obsérvese la cepa, el tubo de riego y la forma en que sale el agua de las perforaciones.



Fot. N^o 13. Una vez terminada la plantación, obsérvense los tubos de riego respecto al nivel del suelo.



Fot. N^o 14. En ésta se puede apreciar el momento del adoquinado a fin de aislar el suelo de los agentes atmosféricos -- (lluvia).



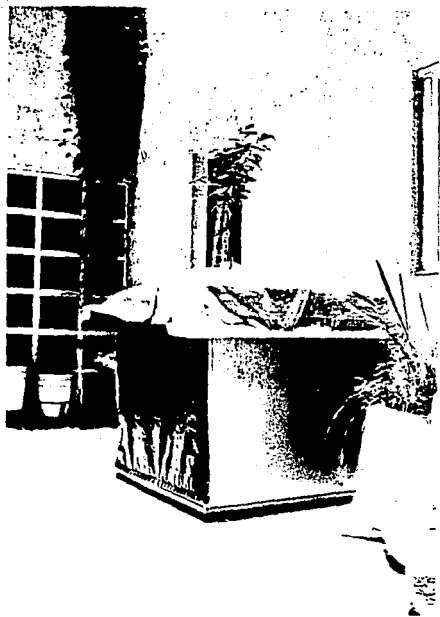
Fot. N^o 15. Una vez adoquinado, solamente sobresalen el tubo de riego y un cuadro - de 10 x 10 cm suficiente para el engrosamiento del tallo de la plántula.



Fot. N^o 16. Se muestra la plantación piloto con la parte adoquinada o aislada y al fondo la plantación tradicional.



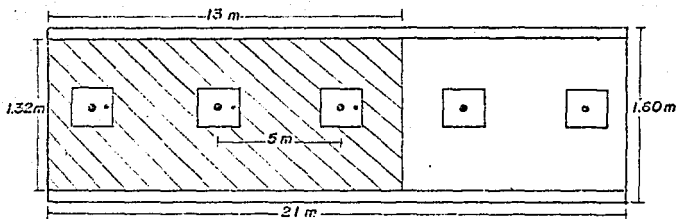
Fot. N^o 17. Se muestra el monolito (jardinera) -
con dimensiones de 1 m^3 ($1 \times 1 \times 1\text{ m}$)
y también la cara frontal con vidrio
para observación.





Fot. N^o 18. Se muestra la forma de aislar el monolito con plásticos a fin de evitar que el agua de lluvia interfiriera el sistema de riego y consecuentemente el desarrollo de la raíz. La función del plástico negro es evitar la proliferación de algas que se formarían por el ambiente húmedo cálido, e iluminado.



Fot. N° 19. Obsérvese la zona humedecida -
por el sistema de riego orien-
tada en profundidad.




 Plantación con el diseño propuesto.


 Plantación tradicional.

- Arbol
- Tubo de PVC

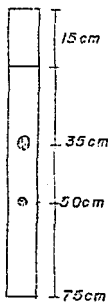
- 13 m longitud de adoquinado.
- 1.32 m ancho de adoquinado.
- 21 m longitud total del camellón empleado para el diseño.
- 1.60 m ancho camellón incluyendo machuelos.
- 5 m distancia entre arboles.

Fig. No.22 Plantación piloto ubicada en el estacionamiento frente a la F.A.G.

Fig. No. 23 Diseño gráfico de un sistema de plantación que permita la orientación del crecimiento de la raíz.

1er. paso.

Diseño tubo PVC



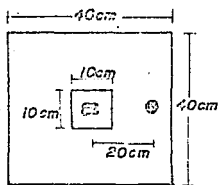
INDICACIONES

- Tubo PVC de 4" de diámetro.
- 2 perforaciones:
 La primera de 2.5 cm de diámetro.
 La segunda de 1.5 cm de diámetro.
- 75 cm de longitud.
- 15 cm sobre la superficie.

2e. paso.

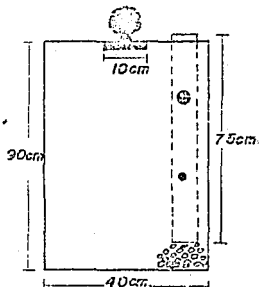
CEPA

vista de arriba




CEPA

vista de perfil



 árbol

 tubo PVC

 grava

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

a) RESULTADOS SOBRE LA PLANTACION PILOTO.

Para la plantación piloto solamente se deseó probar la factibilidad de la realización del diseño, así mismo ver las bondades del sistema respecto al ahorro de agua y nutrientes.

No se esperan resultados inmediatos ya que tratándose del sistema radical de plantas perennes arbóreas su ciclo vital es de más de 15 años, por lo tanto los efectos esperados se empezarán a manifestar después de los 7 a 10 años y aún más. Respecto a las bondades del sistema propuesto se tiene lo siguiente:

Sí es posible suministrar el agua y los nutrientes a la profundidad adecuada.

Considerando que por lo general la zona activa del sistema radical del árbol está comprendida entre los 10 y 90 cm de profundidad (10); de manera que al aplicar el riego se humedece de los 20 a los 80 cm de profundidad en forma diferenciada ya que al tubo de riego se le hicieron 2 perforaciones; la primera con un diámetro de 2,5 cm que humedece a partir de los 35 cm con la finalidad de que al regar una parte del

agua salga a través de la perforación; luego a los 50 cm se hizo otra perforación de 1.5 cm de diámetro a fin de controlar la salida de agua que sea casi igual a la cantidad de -- agua que sale en la primera perforación con el fin de mantener húmedo el suelo desde los 20 a los 80 cm pero proporcionando una cantidad de agua mayor en el fondo de la cepa que en el espesor.

En cuanto a humedecer el área adecuada para el desarrollo de las raíces, fue posible como se muestra claramente en el cono de humedad del monolito (fotografía N° 19), de manera que en cuanto a funcionalidad el sistema de riego propuesto en el diseño de plantación es el correcto pero sin olvidar -- nos que el diseño es perfectible. Respecto a la plantación piloto los resultados en el desarrollo radical de los árbo -- les se podrán observar en un futuro mediano (es decir en 7 a 10 años aproximadamente).

b) RESPECTO A LOS RESULTADOS DEL MONOLITO SE TIENE LO SI --
GUENTE:

Los autores consultados para el presente estudio, concor -- daron en señalar que sí es posible modificar el desarrollo y la orientación del sistema radical de los vegetales; es más, rara vez pueden los árboles manifestar su fenotipo o más aún su genotipo ya que para ello se requiere de un suelo que con -- tenga todos los factores y/o características correlacionados

de tal modo que hagan del habitat un medio que no influya en nada sobre el crecimiento y orientación de la raíz; de tal manera que la raíz raramente se desarrolla de acuerdo con las instrucciones genéticas propias de su especie. Para facilitar un desarrollo más armónico del sistema radical, Calderón (2) recomienda una distribución del agua de riego y de fertilizantes (nutrientes) sobre la superficie y bajo la sombra que proyecta la copa del mismo árbol cuando el sol está en el cenit, desde luego se menciona a campo abierto y en frutos pero con ello se demuestra la factibilidad de manejar o guiar el desarrollo y orientación de la raíz.

Por otro lado, la raíz tropezará siempre con diversos obstáculos como rocas, pobreza de sales minerales, capa freática, otras raíces, etc., que modificarán su orientación y desarrollo, por lo que al final estará estrechamente correlacionada con el habitat; por lo tanto, el desarrollo y la orientación del sistema radical es en gran medida producto del medio (3).

En base a lo mencionado por Cardona (3), los resultados del monolito indican claramente que el medio es un factor dominante en el crecimiento y orientación de la raíz; en este caso el agua y las sales nutritivas fueron los factores del medio que condicionaron sobre todo la orientación de la raíz del vegetal en prueba (Citrus aurantifolia).

En el monolito los resultados obtenidos concuerdan con lo expresado por Calderón (2), Gil-Albert (10), Cardona (3), Esau (6) y otros más. Respecto a los factores que alteran y/o modifican el desarrollo y orientación del sistema radical, los resultados obtenidos en el monolito se pueden apreciar en las fotografías números 20, 21 y 22 y más claramente en la figura N^o 24 en donde se manifestó clara tendencia en el desarrollo y orientación de la raíz hacia la zona de humedad proporcionada por el sistema de riego y a la vez hacia la fuente de nutrientes, de manera que los resultados del monolito permiten sugerir que con el diseño propuesto es posible orientar al sistema radical a conveniencia o voluntad, a fin de facilitar la reforestación de las zonas urbanas.



Fot. 20. En el primer plano (10 cm de profundidad) obsérvese raíces en forma radial en todas direcciones; a mayor profundidad (20 cm) junto al punto de referencia se observan raíces de mayor longitud concentradas en dirección al tubo.



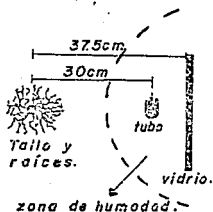
Fot. N° 21. Obsérvese un mayor número de raíces dentro del cono o zona de humedad.



Fot. N^o 22. En esta fotografía se muestra la división de las raíces y su espesor; obsérvese raíces desde primarias hasta de 5^o orden dentro del cono de humedad.

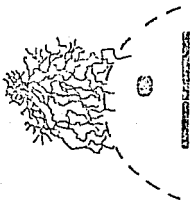
1o.

Distribución de raíces en los primeros 10cm de profundidad de suelo en donde se nota una distribución radial.



2o.

A la profundidad de 20cm la distribución de las raíces es marcadamente notoria la orientación hacia la zona de humedad.



3o.

A partir de los 20cm de profundidad la distribución de las raíces es muy definida en favor a la zona de humedad y únicamente se observaron 2 raíces largas en dirección contraria a la zona de humedad.



Fig. No.24 Observación del desarrollo radical de la plántula en el monolito (jardinera) hecha a diferentes profundidades.

VII.- CONCLUSIONES

Al iniciar el presente estudio se encontró con muy poca información referida al caso específico sobre la conducción del sistema radical de los árboles, encontrándose solamente 3 autores ya citados en que mencionan los factores condicionantes o limitantes del desarrollo del sistema radical; así mismo, solamente se encontró un sistema de plantación que es el que actualmente utiliza la Regiduría de Parques y Jardines del Ayuntamiento de la ciudad de Guadalajara, el cual no contempla ninguna labor ni modificación tendiente a orientar el desarrollo de la raíz; por lo que no es correcto aplicarlo en la reforestación urbana, de manera que fue necesario diseñar un nuevo sistema de plantación como es el propuesto, ya que permite la conducción del desarrollo de la raíz y el ahorro en el gasto de agua y en la aplicación de nutrientes.

Con el sistema de plantación propuesto, el riego y la fertilización son colocados a una profundidad y a una dirección conveniente de manera que la raíz crecerá en busca de la humedad y nutrientes orientando el crecimiento hacia la zona o cono humedecida y fertilizada por el tubo de riego a la profundidad deseada. de manera que el sistema radical ya no explorará más terreno.

En cuanto a mejorar el panorama visual de la zona urba-

na mediante la reforestación, este diseño es posible aún en las banquetas angostas de la zona centro o en camellones angostos de las avenidas, ya que no se ocupa espacio para cajete de riego y fertilización, por lo tanto dicho diseño cubre los requisitos solicitados para orientar el sistema radical a un punto determinado en el suelo a fin de evitar el afloramiento de las raíces de acuerdo con lo que se observó en el monolito. Respecto a la plantación piloto, no se esperan resultados sino hasta 15 años después en donde el árbol haya crecido lo suficiente y permita ver la efectividad del diseño propuesto.

VIII.- RECOMENDACIONES

Debido a la falta de áreas verdes en las zonas urbanas, cualquier intento por incrementar la cantidad debe ser estudiado y promovido por la dependencia creada para tal fin -- (parques y jardines).

Para el caso presente se sugiere que se continúe la observación e investigación, ya que se trata de un estudio a muy largo plazo (10 años como mínimo).

También son recomendables las podas a los árboles actuales pero en forma consciente y bajo la supervisión de técnicos especializados en silvicultura, en jardinería o en agricultura puesto que la poda controla el desarrollo del árbol en general.

En un recorrido de observación por diversas calles de la ciudad de Guadalajara, Jal., se encontraron de las más diversas especies de árboles hechas en recientes reforestaciones, en algunos casos hasta con especies señaladas como prohibidas, por lo que se considera necesario un mayor control en los programas de reforestación; para ello se cuenta con el folleto "El árbol y la ciudad" de Estrada (8); en donde se señala con claridad las especies idóneas para la ciudad.

Es necesario que se dé divulgación tanto al folleto an-

tes mencionado como al presente diseño de plantación a fin -
de incrementar lo más pronto posible los metros cuadrados de
áreas verdes por habitante en beneficio de la ciudad y sus -
moradores.

Es conveniente que la Regiduría de Parques y Jardines -
del Ayuntamiento de Guadalajara contemple un departamento de
fitosanidad para que en forma periódica se apliquen nutrien-
tes y se hagan aspersiones de plaguicidas a fin de conservar
lo más sano posible las áreas verdes de la ciudad.

IX.- LITERATURA CITADA

- 1) Buckman, H. y Nile, C.B. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. 2a. Edic., UTEHA. México, D.F. - p. 266, 267.
- 2) Calderón, E. 1986. Fruticultura General. 3a. Edic., -- LIMUSA. México, D.F., p. 37, 38.
- 3) Cardona, F.J. 1987. Apuntes de Fruticultura. Facultad de Agricultura y Ganadería. Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- 4) Cronquist, A. 1980. Introducción a la Botánica. 2a. -- Edic. CECSA. México, D.F. p. 350-352.
- 5) Denisen, E. 1987. Fundamentos de Horticultura. 1a. Edic. LIMUSA. México, D.F. p. 114-116.
- 6) Esau, K. 1976. Anatomía Vegetal. 3a. Edic., Edit. Omega. Barcelona (España). p. 514.
- 7) Escóttto, J. 1985. Análisis Ecológico de Guadalajara. - Editado por el Gobierno del Estado de Jalisco, México. p. 37, 96, 97.

- 8) Estrada, E. 1986. El árbol y la ciudad. Editado por - el Gobierno del Estado de Jalisco. México. p. 7-9.
- 9) Fuller, H., Z. Carothers, W. Payne y M. Balbach. 1974. Botánica. 1a. Edic., Interamericana. México, D.F. p. 70, 71, 81.
- 10) Gil-Albert, F. 1980. Aspectos de la Morfología y Fisiología del árbol frutal. 1a. Edic., Ediciones -- Mundi - Prensa, Madrid (España). p. 17-19.
- 11) Honorable Ayuntamiento de Guadalajara. 1988. Gaceta Municipal . Vol. 1, Nº 6. p. 19, 20.
- 12) Instituto de Astronomía y Meteorología. Datos Climatológicos de Guadalajara. Edit. Universidad de - Guadalajara, Jalisco. México. p. 4.
- 13) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981. Carta de Climas. Secretaría de - Programación y Presupuesto. México.
- 14) Lancaster, R. 1976. Árboles de Ornamento. 1a. Edic., Edit. Blume. Barcelona (España). p. 1.

- 15) Millar C.E., L.M. Turk y H.D. Foth. 1981. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 5a. Impresión, CECOSA. México, D.F. p. 79, 80.
- 16) Niembro, A. 1986. Arboles y Arbustos Utiles de México. 1a. Edic., LIMUSA. México, D.F. p. 21, 22.
- 17) Rapoport E., M. Díaz e I. López. 1983. Aspectos de la Ecología Urbana en la Ciudad de México. 1a. -- Edic., LIMUSA. México, D.F. p. 36, 37.
- 18) Ray, P. M. 1985. La Planta Viviente. 9a. Impresión, CECOSA. México, D.F. p. 171, 172.
- 19) Regiduría de Parques y Jardines. 1987. Los Árboles -- son necesarios. Edit. Gobierno del Estado de Jalisco, México.
- 20) Rojas, G. M. 1984. Fisiología Vegetal Aplicada. 2a. Edic., Mc Graw Hill. México, D.F. p. 147-151.
- 21) Ruiz-Orenoz M., D. Nieto e I. Larios. 1983. Botánica. 15a. Edic., ECLALSA. México, D.F. p. 127.
- 22) Salvat. 1977. Flora. Tome VI., Edit. Salvat Editores. Barcelona (España). p. 26, 27.

- 23) Vergés, F. 1979. Bonsai. 1a. Edic., Ediciones Marzo
80. Barcelona (España). p. 65-67.
- 24) Weaver, R. 1976. Reguladores del crecimiento de las -
plantas en la agricultura. 1a. Edic., Trillas.
México, D.F. p. 92.
- 25) Wilson C.L. y W.E. Loomis. 1980. Botánica. 1a. Edic.
UTERA. México, D.F. p. 200-208.

X. - A N E X O S

" POSICION GEOGRAFICA DE GUADALAJARA "

LATITUD : 20° 40' 32" NORTE.

LONGITUD : 103° 23' 09" W. DE G.

ALTITUD : 1,583.15 MTS. SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

" FORMULA CLIMATICA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA "(A) C (W₁) (W) a (e)LETRASIGNIFICADO

(A) CLIMA CALIDO (TEMPERATURA MEDIA ANUAL MAYOR QUE 18° C
Y MENOR QUE 22° C.

NOTA: TEMPERATURA PROMEDIO EN EL VALLE DE ATEMAJAC :
18.6° C.

C TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS FRIO MENOR DE 18° C.
TEMPERATURA PROMEDIO EN EL VALLE, EN ENERO 14.7° C.

(W₁) LLUVIAS EN VERANO CON UN COCIENTE PRECIPITACION/TEMPE-
RATURA ENTRE 43.2 y 55.0

EN GUADALAJARA LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL (P) ES DE
985.9 Y LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL (T) ES DE 20.0 (DA-
TOS DE LA ZONA URBANA); P/T = 49.2

LETRASIGNIFICADO

- (w) LLUVIA EN INVIERNO MENOR QUE EL 5% DE LA ANUAL.
EN GUADALAJARA SE TIENE DURANTE EL INVIERNO 4.28 % DE
LA PRECIPITACION ANUAL.
- a VERANO CALIDO, TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS CALIDO -
MAYOR QUE 22° C.
- e OSCILACION TERMINA CONSIDERADA MUY EXTREMOSA POR ENCI-
MA DE 14° C.
EN GUADALAJARA SE TIENE UNA OSCILACION TERMINA MEDIA -
ANUAL (DIFERENCIA ENTRE MAXIMAS Y MINIMAS) DE 14.2° C;
(12).

copi-offset express

TECNAS • MEMORIAS • INFORMES
AV. MEXICO No. 2210
Casi Esquina Con Americas
Tel. 15-19-68

GUADALAJARA JAL
COPIAS TESIS
TRANSCRIPCIONES
HELIOGRAFICAS
ENCUADERNACION
ENCARGADOS
REDUCCIONES
ENMICA DOS
IMPRESIONES DE:
FORMAS INTERNAS
FACTURAS, VOLANTES
PASAJOS DE FERRO
EN ACCION. ETC



USAMOS EQUIPOS XEROX Y OFFSET

• Servicio al cliente • Entrega rápida de trabajos
• Precios de mercado • 100% garantía

HELIOGRAFICAS

• COPIAS BOND
• PASELINA PARA SU ENTREGA
• REPRODUCCIONES
• AMPLIFICACIONES