

16
2ej

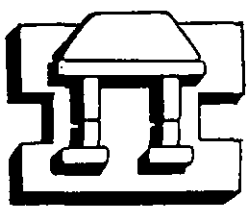


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN EL NOPAL
TUNERO (*Opuntia amyclaea*) EN LA ZONA DE
SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES EDO. DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
ANTONIO MOISES CHAVEZ ARAUJO



IZTACALA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIRECTOR: M. EN C. SAUL FLORES MAYA

270083 1999



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

índice

	Pag
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Hipótesis	2
ANTECEDENTES	3
Importancia	3
Clasificación Taxonómica	4
Distribución	5
Morfología	6
Reproducción	7
Ecología	7
Plagas y enfermedades	7
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Descripción del área	13
Trabajo de campo	14
Trabajo de laboratorio	15
IDENTIFICACIÓN	17
Pudrición circular	17
Pudrición de la epidermis	17
<i>Alternaria</i>	19
Enfermedad del ORO	19
Mancha Café	20
Resequedad	20
Barrenador del nopal	21
Pícuo de las espínas	22
Cochinilla o grana	23
Chinche gris	24
Carcoma	25
Daño mecánico	25
Caracol	25
RESULTADOS	27
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
ANEXOS 1 Cuestionario utilizado en le recolección de la información	44

ANEXOS 2 Marco de Muestreo	44
ANEXOS 3 Instructivo para la medición directa	44
ANEXOS 4 Manual de Referencia del entrevistador	44
APÉNDICE	63
Encuesta	64
Definición del marco de muestreo	65
Diseño de muestreo	66
Bibliografía	

índice de Figuras

	página
Figura No 1. - Pudrición de la Epidermis.	17
Figura No 2. - Conidios y conidioforos de <i>Alternaria</i>	18
Figura No 3. - Sintomatología de la enfermedad del Oro.	19
Figura No 4. - Sintomatología de la enfermedad de la Mancha Café.	20
Figura No 5. - Sintomatología de la enfermedad de la Resequeda.	20
Figura No 6. - Signos del ataque por el Barrenador del nopal.	21
Figura No 7.- Signos producidos por el Picudo de las espinas.	22
Figura No 8. - Signos producidos por la Cochinilla o grana.	23
Figura No 9. - Huevecillo sobre el cladodio y el insecto de la Chinche gris.	24
Figura No 10. - Características producidas por la Carcoma de la penca del nopal.	25
Figura No 11. - Características producidas por el daño mecánico.	25
Figura No 12. - Características producidas por el caracol.	26
Figura No 13. - Selección de los cladodios en una planta para poder evaluar las enfermedades y las plagas.	57

Índice de tablas

	Página
Tabla No 1. - Frecuencia e intensidad de predios afectados de la enfermedad del Oro, Barrenador y el Picudo de las espinas de San Martín de las Pirámides.	29
Tabla No 2 - Frecuencia e intensidad de predios afectados de la enfermedad del Oro, Barrenador y el Picudo de las espinas del poblado de San Pablo Izquitlán.	29
Tabla No 3 - Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del Oro, Barrenador y el Picudo de las espinas del poblado de Cerro Gordo.	30
Tabla No 4 .- Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del Oro, Barrenador y el Picudo de las espinas del poblado de San Antonio las Palmas.	30
Tabla No 5 .- Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del Oro, Barrenador y el Picudo de las espinas de todas las zonas.	31
Tabla No 6 .-Porcentajes de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición, circular, de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado de San Martín de las Pirámides.	32
Tabla No 7 .-Porcentajes de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado de San Pablo Izquitlán.	33
Tabla No 8 .-Porcentajes de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado de Cerro Gordo.	34
Tabla No 9 .-Porcentajes de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado de San Antonio las Palmas.	35

Tabla No 10	.-Porcentajes de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico de toda la zona.	36
Tabla No 11	.- Cantidades y porcentajes de predios afectados por las diversas plagas y enfermedades con relación al estado fitosanitario de las huertas.	37
Tabla No 12	.- Cantidades y porcentajes de predios afectados por la enfermedad del Oro y Otras enfermedades con relación al estado fitosanitario de las huertas.	38

INTRODUCCION:

Desde épocas remotas, el nopal y su fruto la tuna, han constituido para los mexicanos objetos de interés y especial atención.

Para los antiguos habitantes de la República, no sólo representaban una fuente más de aprovisionamiento de alimentos, sino que su existencia formaba parte de la estructura básica de la agricultura, factor que propició la formación de asentamiento humanos, además de la importancia económica y social, por los diversos productos alimenticios y medicinales que de ellos se obtenían.

El género *Opuntia* tiene un interés cada vez mayor por la creciente demanda que tienen sus frutos y sus partes vegetativas como resultado de las amplias alternativas que ofrecen en su utilización, por lo que *Opuntia* juega un papel importante en la economía de ciertas regiones de la República Mexicana, siendo el Municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México, una de las principales zonas productoras de nopal tunero en el centro del país.

Los problemas que enfrenta el cultivo en dicho Municipio son las enfermedades y las plagas, cuyo ataque cuando es severo, llega a disminuir la cantidad como la calidad de su fruto y partes vegetativas. Las enfermedades de *Opuntia* que se han investigado en México se dan principalmente en plantas cultivadas y los agentes causales son de diversa naturaleza. Contrariamente a las enfermedades reportadas en el extranjero, las cuales son especies silvestres o de jardines botánicos y la mayoría están infectadas por virus.

Cuando aparecen estas alteraciones en la mayoría de los casos pueden ser muy peligrosas, porque se reconocen demasiado tarde, cuando el daño ya está hecho. Su combate generalmente es difícil y a veces resulta estéril. Tiene que realizarse con mucho cuidado. Por lo que es mejor prevenirlas.

Debido a la naturaleza del problema, éste requiere que la solución encontrada sea válida para toda la zona.

Este dio origen a ciertas preguntas que era necesario contestar, y que al ser contestadas quedarán satisfechas los objetivos de la investigación: además por los conocimientos que se tenía acerca de la zona de estudio y por lo que sabía sobre la naturaleza de las plantas del nopal, se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis de trabajo:

OBJETIVO

Determinar la(s) principal(es) enfermedad(es) y los organismos causales que afectan al cultivo del nopal de tuna blanca durante su fase vegetativa en el municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México.

HIPÓTESIS

El estado fitosanitario de las huertas está en relación con la salud y el vigor de las plantas. El grado de severidad de una plaga o enfermedad en una huerta está en relación directa con su producción.

Existe una estrecha relación entre las enfermedades, el medio ambiente que rodea a las plantas y la producción de frutos que puede tener dicha planta, el aumento de la incidencia de una enfermedad en una población no es necesariamente proporcional al aumento del inoculo, aún cuando las condiciones ecológicas favorezcan el desarrollo de la enfermedad.

ANTECEDENTES

La primera referencia que se tiene de la planta del nopal, se encuentra en los escritos del Códice Mendocino, donde Huitzilopochtli dios de las 7 tribus nahuatlacas que vivían en los estados que hoy conocemos como Sonora, Sinaloa y Nayarit. Peregrinaron por varias regiones y llegando a la meseta central, precisamente al lago Texcoco. Allí en donde el águila posaba en el nopal sobre un pequeño montículo, quedó fundada México Tenochtitlán (Mexitli, dios de la guerra y Tenoch, nombre de un sacerdote); esto sucedió en el año de 1325 de nuestra era. En la vida, social, religiosa y, económica de los nahoas, los nopales tuvieron un papel importante, dado que intervinieron en sus prácticas religiosas; así mismo los utilizaron como remedio eficaces y alimento e influyeron en la civilización; a tal grado que el nopal es el símbolo que conserva el escudo de nuestro México actual.

Los mexicas en su nomenclatura designaban al nopal como nochtli o nopalli, cuyo significado y origen de nochtli parece ser que deriva de nochpalli que significa planta de tallo aplanado que produce tunas, noch(tli) tuna y palli, cosa ancha, plana según la opinión de Róbelo en su diccionario de Aztequismos. Mendoza en (Róbelo) piensa que el término original fue nopalli que significa nuestra bandera. Es muy probable que esta última opinión este relacionada con el símbolo jeroglífico de la Tenochtitlán (lugar del nopal de pedregal). Por otra parte llamaron nochtli al fruto de los nopales; nochxóchitl, a la flor del nopal y nochéuatl a la cascara de la tuna. (Martín del Campo, 1957).

Estas plantas intervinieron en las celebraciones religiosas y algunas fueron elevadas a categoría de dioses, se usaron con frecuencia en la magia, fueron empleadas en las enfermedades, influyeron en forma determinante en la fundación de poblaciones y se les tuvo una gran estima como planta de ornato. Algunos autores hacen mención que grandes señores como Nezahuálcóyotl y Moctezuma Xocoyotzin gustaban de la Botánica a tal grado que durante la época de su reinado fundaron los hermosos jardines de Tetzcutzingo, Tenochtitlán, el Peñón, Oaxtepec, Atlixco e Iztapalapa, que llamaron la atención de los conquistadores por su hermosura. (Bravo, H.H. 1978).

IMPORTANCIA

La antigüedad del uso del nopal en México, evidenciada en los hallazgos arqueológicos, la presencia actual de diversas formas silvestres y cultivadas, y la gran tradición en su utilización y manejo parecen indicar que México es el centro de origen del nopal cultivado

Actualmente el manejo y el aprovechamiento del nopal, tanto silvestre y cultivado como recurso natural ha llegado a adquirir una gran importancia económica y cultural, entre sus principales usos se pueden mencionar los siguientes: **1)** la pulpa del fruto es usada como fruta fresca, seca o cristalizada, en la elaboración de bebidas (jugo de tuna, colonche y pulque curado de tuna), dulces (mermelada, melcocha, queso, miel y jalea de tuna), guisos (semilla de pipián, condimentos de guisos) y medicinal (el jugo para estreñimientos); **2)** los cladodios tiernos son usados como verdura fresca o curtida y como medicinal para la diabetes; **3)** En si la planta entera se utiliza como forraje, combustible, cercas vivas y ornamental (Colunga, 1984).

En los mexicas esta planta tuvo diversos usos: los frutos dulces se apreciaron como alimento agradable y refrescante, y de la fermentación de su jugo se obtenía una bebida ligeramente alcohólica llamada *nochoctli*; los frutos, tallos y raíces se apreciaron por sus propiedades medicinales; el cultivo del nopal como base de la crianza de la cochinilla para la producción de la grana de las Indias, constituyó un ramo muy importante de la economía precolombina de México, pues este tinte era celosamente recaudado, entre otros importantes tributos, a los pueblos sometidos al poderío tenochca (Gómez de Cervantes, 1599; citado por Martín del Campo, 1957).

El nopal también se deja ver en la conservación del suelo, protegiendo la capa fértil de este contra la erosión debido a su tipo de sistema radicular, forma también un nicho ecológico en el cual crecen bastantes gramíneas que sirven para el pastoreo cuando el nopal se encuentra en forma silvestre. Otra especie muy importante es *O. xocoxotle* que puede encontrarse intercalada dentro de la huerta general o limitándola, esta especie es empleada como condimento y para la elaboración de dulces, además la característica de permanecer el fruto en el nopal durante todo el año la hace una especie muy valiosa, ya que puede venderse o emplearse en cualquier época del año (Bautista, C. R. 1982).

El nopal además, tiene usos potenciales en la producción de colorantes, caucho sintético, alcohol, anticorrosivos y papel (Maldonado y Zapién, 1977).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Bravo, H.H., en 1978, la clasificación Taxonómica de las cactáceas es compleja, debido a la gran cantidad de formas de transición, formación de híbridos y el constante conocimiento de nuevas especies. Entre los sistemas de clasificación más empleados destacan; el de Britton & Rose 1963; Benson 1979; el de Buxbaun 1953; y Bravo, 1978.

Las cactáceas con 100 a 125 géneros y más de 1500 especies, constituyen uno de los componentes más importantes y numerosos de la flora mexicana, apenas superado por

la familia Leguminosae, Compositae y Graminae. De los géneros que comprende la familia de las Cactáceas 61 se encuentran en México. Uno de estos es *Opuntia* al cual pertenecen los nopales siendo estos representados por tres subgéneros según (Britton & Rose, 1963.) *Cylindropuntia*, *Terhracactus* y *Platyopuntia*. Pero según (Bravo, H.H. 1978), presentan gran polimorfismo existiendo especies cultivadas y silvestres representadas en dos subgéneros: *Platyopuntia* y *Cylindropuntia*. Este último tiene las pencas en forma cilíndrica, globosa, claviforme, rastreros y espinosos. El subgénero *Platyopuntia* tiene las pencas o cladodios en forma aplanada por lo cual se les consideran los verdaderos nopales, a los frutos se les llama tuna cuando son dulces y xoconostle cuando tienen sabor ácido.

EL género *Opuntia*, pertenece al orden de los Cactales, familia Cactaceae, y subfamilia Opuntioideae, incluye a las plantas llamadas comúnmente nopales, las cuales pueden ser; rastreras si se desarrolla a nivel del suelo, frutescente cuando tienen un tallo del cual parten ramificaciones y arborescente cuando poseen un tallo cilíndrico desarrollado formado por cladodios viejos con aspecto endurecido, son articulados discoides en forma de raqueta, suculentos, aplanados (cladodios) rara vez leñosos portando casi siempre areolas, espinas, glóquidos y pelos. Las espinas son consideradas como hojas modificadas, las cuales se originan a partir de estructuras vegetativas llamadas areolas, que se consideran como homólogos de las yemas foliares de otras Dicotiledoneas (Bravo, 1978; Boke, 1980).

DISTRIBUCIÓN

Las cactáceas son nativas del continente americano, donde se encuentran distribuidas desde Canadá hasta el estrecho de Magallanes: En América del Norte se localizan 92 géneros, en tanto que en América del Sur 52; de los identificados en el Norte, 61 se encuentran en México y 31 en Estados Unidos de Norteamérica. En México por sus características peculiares de latitud, topografía y climas es el país que alberga, posiblemente la mayor cantidad de especies; representados en los diferentes tipos de vegetación determinados por (Miranda, F. y E. Fernández X. 1963.) Cuya ecología se fueron adaptando en el transcurso del tiempo requiriendo formas y hábitats diversos; pero es en los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas donde se están distribuidas el mayor número de géneros y especies.

Rzendowski, en 1978, menciona que las extensiones más importantes del matorral denominado por *Opuntia* en México se encuentran en la parte central de Zacatecas, y en algunas partes adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí. Este tipo de matorral, en forma más o menos modificada, se extiende más al sur a través de Querétaro e Hidalgo, hasta llegar al Valle de México. Más al sur reaparece en las porciones más áridas de la Cuenca del río Balsas, la del río Tehuantepec y en las depresiones de Cuicatlán.

MORFOLOGÍA

El sistema radical es poco profundo y particularmente denso, las raíces muertas proporcionan al suelo grandes cantidades de materia orgánica al grado de cambiar el color de los horizontes superficiales de las plantaciones viejas (Barrientos, 1981). Presentan una raíz pivotante cuya principal función es la de sostén, aunque en algunos casos puede almacenar agua; las raíces secundarias se encargan de la absorción del agua y de las sustancias nutritivas que se encuentran disueltas en el suelo, algunas veces desarrollan pelos absorbentes en épocas de lluvia para captar mejor el agua.

Los cladodios o pencas cuando jóvenes desarrollan hojas o escamas, además es característico de las cactáceas las areolas, cuya función es semejante a la yema de la mayoría de muchas plantas y árboles que dan lugar a hojas frutos y brotes florales, pero también en las cactáceas son el origen de las cerdas, pelos, glóquidos y espinas consideradas como hojas modificadas. (Buxbaun, 1953)

Las flores son llamativas para su forma y gran colorido, son regulares actinomorfas, pero en muchos casos existen flores zigomórficas, la mayoría son hermafroditas constituidas por el eje floral y los verticilio florales. El eje floral es de origen axial, semejante a una rama, ya que presenta podarios escamas y areolas, que además de producir lana, espinas, etc., pueden desarrollar en ocasiones, nuevos brotes. Es como si los verticilio florales, androceo y gineceo, estuvieran incluidos en una rama (Bravo, 1978). Se producen por lo general en el borde de los cladodios (Sosa y Acosta, 1966.). Los estambres son más cortos que los pétalos; los lóbulos del estigma son cortos y pueden variar de 5 a 14. El ovario es infero (Pimienta y B.E.M. Egleman, 1985).

El fruto es una baya unilocular, polispérmica y generalmente carnosa. Es considerado como fruto complejo pues en su estructura intervienen no solo el ovario propiamente dicho, sino también los órganos en que esta incluido; el tejido medular del eje y el pericarpelo. Cuando madura, los podarios se hacen imperceptibles por la turgencia de los tejidos y la superficie se vuelve colorida adquiriendo diversos matices del amarillo, anaranjado, rojo y púrpura.

Las areolas del pericarpelo generalmente cesan su actividad después de la fecundación, persistiendo inactivos en el fruto. La pulpa esta integrada por los funículos, que integran la parte comestible (Bravo, 1978).

El fruto de *Opuntia amyclaea* es de ciclo corto, atípico, ya que su desarrollo requiere de aproximadamente 120 días, y su patrón de crecimiento es lineal. El patrón respiratorio corresponde a un fruto no climatérico (Alvarado y S., L. 1978). La cáscara (pericarpelo) representa el 40-50% del fruto, la pulpa 40-50% y las semillas el 5-10% del total. (Villarreal, F. 1964).

REPRODUCCIÓN

La reproducción del género *Opuntia*, tiene lugar por multiplicación vegetativa (asexual) o por medio de semilla. La multiplicación asexual puede realizarse por medio de los tallos y del pericarpelo de algunos frutos debido a la actividad de las areolas vegetativas, cuando conservan activos sus tejidos embrionarios (Bravo, H.H, 1978). En la reproducción por semilla es frecuente la formación de los híbridos y de posibles mutantes.

ECOLOGÍA

Blanco, M G. 1959 y Bravo, en 1978, explican que algunas especies de nopal pueden prosperar cerca del nivel del mar hasta 2700 msnm. Con relación a la temperatura reportan que el nopal puede soportar la temperatura extrema mínima de -10 y una máxima de 40°C, aunque la mayoría lo hace en condiciones menos rigurosas. En cuanto a la precipitación se menciona que las poblaciones silvestres del nopal se distribuyen principalmente en las zonas con precipitaciones media anual de 150 mm o más.

Las cactáceas del norte del país muestran cierta preferencia por los suelos de origen ígneo, tal vez por sus características físico químicas con respecto a los suelos calcáreos; encontrando que en suelos de origen calcáreo la abundancia y la dominancia de cactáceas se reducen (Velázquez, C. R. 1962; Rebollo V.D. 1985).

El nopal crece en todos los suelos; a excepción de los suelos arcillosos compactos, pero el mayor desarrollo se observa en suelos areno-calcáreos poco profundos y de preferencia con pH alcalino. La temperatura oscila alrededor de 18-26°C con una mínima extrema de 6°C afectándoles las heladas sobre todo si el cultivo es joven. (Rojas, M.P. 1961)

PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las investigaciones realizadas en las zonas nopaleras de todo el país, se ha encontrado la presencia de gran diversidad de plagas y enfermedades, en muchas ocasiones sin llegar a afectar la producción.

Dentro de las plagas Coronado, en 1939 y García Mayoral Tito, en 1965, citan que en México las plagas tienen mayor importancia en el nopal, entre las cuales están: Picudo Barrenador *Cactophagus spinolae*, Picudo de las espinas *Cilindrocoptorus biradiatus*, Chinche gris *Chelenidae tabulata* Burn., Chinche roja *Esperalobops gelastops* Kirk., Gusano cebra *Olycellanephapasa Dyar.*, Gusano blanco *Lannifera*

cyclades Druce., Cochinilla ó grana, *Dactylopius indicus*, Green., Trips del nopal, *Sericotrips opuntiae*, Caracol, *Helix aspera* Muller. y Gusano perforador, *Monoilema valieris* Them.

Son de las más frecuentes encontradas, pero la importancia relativa de cada una depende de la región y de las prácticas culturales que se le apliquen a las huertas.

Lozano, G. M en 1958, menciona; la pudrición negra del nopal, sugiriendo que es transmitida por un estafinido en el 90% de las veces por el hongo *Fusarium*. Pero Canales, C. R. 1983, menciona que la pudrición negra es ocasionada por el hongo *Macrophomina sp.*, por lo que considera que esta enfermedad puede ser ocasionada por agentes diferentes. Una enfermedad que posiblemente este relacionada con la descrita por estos autores es la mancha negra reportada por Figueroa, H.F. en 1984; otra de las enfermedades citada por Lozano es la mancha café, esta inicia con una pigmentación alrededor de las areolas avanzando hasta que las puntuaciones llegan a confluir, pudiendo cubrir toda la penca, menciona que de las lesiones se aislaron bacterias, las cuales pueden ser las que ocasionan dichos síntomas; La carcoma de la penca es la tercera enfermedad que reporta este autor, ésta comienza siempre en la región apical deteniendo su crecimiento, como las zonas adyacentes continúan creciendo, al llegar a la madurez el cladodio presenta el aspecto dentado o roído. Sugiriendo que esta enfermedad puede ser ocasionada por la deficiencia de microelementos en el suelo.

García, A.M. en 1979, menciona una enfermedad del nopal conocida como atracnosis ocasionada por *Colletotrichum*; además reporta otras dos enfermedades, el chamusco del nopal ocasionado por, *Mycosphaella* y una pudrición por *Erwinia*.

Fucikovsky, L. y Jaimes, J.F. en 1981, detectaron en diferentes áreas de México una pudrición suave en *Opuntia spp*, los cladodios afectados de las plantas de *Opuntia* se vuelven suaves, viscosos y oscuros, con exudados rojo-amarillentos. De las plantas afectadas se aisló una bacteria identificada en el del grupo de *Erwinia*.

García, E.R. en 1967, estudió tres tipos de anomalías que presentaban algunas plantas del huerto de nopal de la Escuela Nacional Agrícola en Chapingo México: proliferación excesiva de yemas (PEY), mosaico (M) e hinchamiento excesivo de cladodios (HEC). Al realizar diversos estudios de estas enfermedades encontró que la PEY y el mosaico se transmitían por injerto nopal-nopal, con la inoculación mecánica indujo lesiones locales en *Gomphrena globosa* y *Chenopodium natalie*, y la observación de inclusiones fusiformes intracelulares indicaron que las enfermedades son producidas por virus, y probablemente se trate del mismo virus ocasionando síntomas diferentes por estar en hospederos diferentes. El HEC no era transmitido por injerto ni originaba síntomas en plantas diferenciales ni tampoco se observaban inclusiones, por lo que aparentemente no es producida por el ataque de un virus al no producir lesiones locales.

La revisión hecha del Index of fungi reporta 12 especies de hongos encontrados sobre diferentes especies de opuntias distribuidas en todo el mundo.

1. *Botryodiplodia opuntiae* Ahmad & Arshad, Biología, Labore 18(2):114 (1972), sobre filocladios de *Opuntia*. Pakistán.
2. *Dipodascus australiensis* von Arx & Barker apud von Arx, Antonie van Leeuwenhoek 43 (3-4): 335, 1977 (1978), de cladodios podridos de *Opuntia inermis*. Qd., Australia.
3. *Fusarium oxysporum* Schlecht. Var. *Opuntiarium* Pettinari. Ann. Sper. Agr., 5, p. 1419, 1951, sobre raíces de *Opuntia ficus indica*. Sicilia.
4. *Hysteroglyphium opuntiae* J.G. Brown, Mycologia, 45, p. 967, 1953, sobre *Opuntia fulgida*. Arizona, U.S.A.
5. *Macrophoma opuntiae - robustae* Gervasi. Riv. Pat. Ven., Pavia, 31, p. 50, 1941 sobre *Opuntia robusta*. Italia.
6. *Meliola opuntiae* Hansford. Sydokia, 10(1956), p 81, 1957, sobre filodios de *Opuntia tuna*. Jamaica.
7. *Microdiplodia buddleiae* Gucavkz (como 'buddlejae') Trudy gos. Nikit bot. Sada, 29, p. 192, 1959, sobre ramas secas de *Opuntia imbricata*. Crimean SSR.
8. *Phomatospora opuntiae - parahybensis* Batista. Ann. V Reun am. Soc. Bot. Brasil, p 129, 1956, sobre cladodios de *Opuntia*. Brasil
9. *Phyllosticta opuntiae - parahybensis* Batista. Ann. V Reun am. Soc. Bot. Brasil, 129, 1956, sobre cladodios de *Opuntia*. Brasil.
10. *Physalospora opuntiae - robustae* Gervasi. Riv. Pat. Veg., Pavia 31, p. 50, sobre *Opuntia robusta*. Italia.
11. *Pichia opuntiae* Starmer, Phaff, Miranda, M:W. Miller & Barker. Int. J1 syst. Bact 29 (2): 160 (1979), de tallos podridos de *Opuntia inermis*. Vict., Australia.
12. *Sphaeropsis cactinae* Vasant Rao. Mycopathologia, 18, 4, p. 282, 1962 sobre filodios muertos de *Opuntia nigricans*. Poona, India.

En los Estados Unidos de América existen varios hongos registrados para *Opuntia spp* donde se mencionan los síntomas que causan, los cuales son enlistadas a continuación por considerarlo de interés.

HONGOS REGISTRADOS PARA *Opuntia spp.* EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA.

ESPECIE	SÍNTOMAS O LOCALIZACIÓN	LOCALIDAD Y HOSPEDERO
<i>Anthostomella cacti</i> Jersey. (Schw) Sacc.	Sobre corteza.	California(3), Nueva
<i>Aspergillus alliaceus</i> Thom & Chruch.	podrición del cladodio	Texas.
<i>Colletotrichum</i> (¿ <i>C. dematium</i> (Fr) Grove) ver también <i>Gloeosporium</i>	sobre el cladodio	Nueva York, Texas, Puerto Rico(7).
<i>Diplodia opuntiae</i> Sacc. ver también <i>Physalospora</i> .	podrición del cladodio	Maryland, Pennsylvania(1), Kansas, Hawwii(7), Puerto Rico (2)
<i>Diplotheda tunae</i> (Spreng) Satb.,	mancha negra	
<i>Gloeosporium cactorum</i> Ston.	mancha zonada	Florida, Mississippi(7)
<i>G. lunatum</i> Ell & Ev estado conidial de <i>Mycospharella opuntiae</i> .	antracnosis	Alabama, Florida, Texas, Puerto Rico(1,2,4,5).
<i>G. opuntiae</i> Ell. & Ev. (¿ <i>G. cingulata</i> (Ston) Spauld & Schrenk)	sobre cladodios	Mississippi, Missouri, Nueva Jersey (7)
<i>Handersonia opuntiae</i> EU. & Ev.	“quemadura” (“sunscald”)	Nueva Jersey,(1) Alabama(4), Texas(5), Montana(&), Kansas, Texas(7). Alabama(4)
<i>Hyponectria cacti</i> (E. U & Ev)	sobre corteza	
<i>Lebosia cactorum</i> Tracy & Early	Mildiú negro	Florida (1)
<i>Leptosphaeria opuntiae</i> Dodge	sobre corteza	Alabama (4), Texas (5)
<i>Macrophoma opunticola</i> (Speg) Sacc& Syd)	Mancha del cladodio	Territorio de Hawai (7)

<i>Mycosphaerella opuntiae</i> (Ell. & Ev.) Deam	<i>Antracnosis,</i> pudrición negra	Florida(1,2), Nueva York (1), Texas(5), Puerto Rico(2), Alabama, Luisiana, Carolina del Sur(7). Oklahoma (1)
<i>Phoma</i> sp (?Phyllosticta cacti)	pudrición del cladodio	
<i>Phyllosticta cacti</i> (Berk) Archer	mancha del cladodio	Nuevo México (7)
<i>P. concara</i> Seaver (=P. cacti?)	pudrición seca, mancha café	Missouri, Nueva Jersey, Oklahoma, Texas (7)
<i>Physlospora obtusa</i> (Schaw) Cke	pudrición negra	Nueva York (1).
<i>P. rhodina</i> (Berk & Curt.) Cke.	pudrición negra	Florida (1).
<i>Phytophthora parasitica</i> Dast.	pudrición del tallo	Nueva York, Puerto rico(7)
<i>Pytium debaryanum</i> Hesse	pudrición del tallo	California (7).
<i>Sclerotium bataticola</i> taub.	pudrición carbonosa	Texas (7).
<i>Septoria ficus indicae</i> Vogl.	mancha del cladodio	Puerto Rico (2), Texas (7).
<i>Sphaeropsis opuntiae</i> Fairm.		
<i>Stevensea weightii</i> (Berk & Curt.) Trott.	mancha negra	Florida, (1,7), Puerto Rico(2) Texas (3,5,7).
<i>Teichospora mammoides</i> (Ey & Ev) var. <i>Opuntiae</i> Deam & Barth.	sobre corteza	California (7)
<i>Tetropileus opuntiae</i> Dodge	sobre cladodios	Florida (7).
<i>Vermicularia cati</i> (Schuw) Starb: ver <i>Colletotrichum</i>		

*Agriculture Handbook No.165, 1960

El número entre paréntesis corresponde a las especies de *Opuntia*.

<i>O. compressa</i>	<i>Mac. Bride</i>
<i>O. dillenii</i>	<i>(Ker-Grawl). Ham</i>
<i>O. engelmannii</i>	<i>Salm-Dick ex Engelm</i>
<i>O. ficus indica</i>	<i>Mill</i>
<i>O. lindheimeri</i>	<i>Hengelm.</i>
<i>O. polyacantha</i>	<i>Ham.</i>
<i>O. spp.</i>	

Hongos registrados en México para *Opuntia spp.* *

ESPECIES	SÍNTOMAS	LOCALIDAD
<i>Aecidium sp</i>	manchas de las pencas	México
<i>Alternaria sp</i>	mancha de las pencas	Hidalgo, San Luis Potosí, Aguascalientes.
<i>Capnodium sp</i>	fumaginas	Michoacán
<i>Colletotrichum sp</i>	antracnosis	Guanajuato
<i>Gnomonia sp</i>	podrición de las pencas	Tlaxcala
<i>Coniothyrium concentricum Cda.</i>	mancha radial de las pencas	varios estados
<i>Diplodia sp</i>	podrición de las pencas	Aguascalientes
<i>Phoma sp</i>	podrición de la epidermis	Guanajuato, Jalisco
<i>Phyllosticta sp</i>	mancha de las pencas	Hidalgo
<i>Phytophthora sp.</i>	Podrición radicular	Aguascalientes Guanajuato

*Datos del Fitófilo No. 71 (1976) Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México

En el Municipio de San Martín de las Pirámides Estado de México, se menciona que los síntomas de la enfermedad del oro se presentan como una mancha costrosa de color café claro, iniciándose alrededor del área de inserción de la espina, de distribución irregular y que cubre todo el cladodio llegando a invadir la tuna. El ataque de los patógenos se restringe sólo al tejido epidérmico (Aragón y Tafolla, 1978).

MATERIALES Y MÉTODOS.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Localización geográfica. El estudio se realizó en el área cultivable de la pequeña propiedad del Municipio de San Martín de las Pirámides Estado de México se encuentra ubicada en la mitad norte del Valle de México entre las coordenadas 19° 42' de latitud norte y 98° 54' 30" de longitud oeste, y a una altura de 2300 msnm. Según García A., E. 1981, para el área circundante a las pirámides de Teotihuacán en el cuál se encuentran las parcelas motivo de estudio (aproximadamente a 4 Km), se presenta un clima BS_k'w(w)(i)g); semiárido, con temperatura media anual de 14.8°C y menor de 18°C para todos los meses de año, La precipitación en las partes planas es de índole colectiva y alcanza un total de 500 a 600 mm anuales; en el Cerro Gordo se forman nubosidades frecuentes por el enfriamiento del aire que asciende hasta la altura de 3050 msnm con una precipitación de 700 mm anuales o más. La escasa precipitación en la región se debe fundamentalmente a dos factores; por un lado, a la barrera que la Sierra Madre Oriental impone a los vientos alisios del Golfo de México; y segundo, al efecto de sombra ortográfica que la Sierra de Pachuca ejerce sobre la parte septentrional del Valle de México. Las esporádicas precipitaciones invernales se deben básicamente a los nortes y ondas frías (García, 1968).

Las rocas sedimentarias predominan en el área de estudio, siendo de mayor importancia las aluviones (DETENAL, 1979) Carta Geológica. E-14-B-21. Escala 1:50 000. Dirección General de Estudios del Territorio, Secretaría de la Presidencia, México). La coloración más frecuente de los suelos es café claro, la principal unidad de suelo reportada es Feozem háptico (Hh/2), con profundidad mayor de 100 cm.

El horizonte B presenta un espesor entre 28 y 56 cm, reacción al ácido clorhídrico nula, textura fina (22% arcilla, 28% limo y 50% de arena), estructura en forma de bloque de tamaño fino y desarrollo moderado, drenaje moderado, fase física lítica, pH 7.1 porcentaje de materia orgánica 1.0, Dirección General de Geografía, 1982) Carta Geológica. E-14-B-21. Escala 1:50 000

Pero según Flores Díaz, A. 1974 los suelos carecen aún de un horizonte B por lo que son relativamente jóvenes y poco desarrollados. La mayor parte de los suelos se podrían englobar dentro del término de feozem por presentar perfiles cuyas partículas están cementadas con óxidos, sílice y arcillas y mostrar depósitos verticales y laminares de carbonatos de calcio, magnesio y sodio.

Wolfer (1975) indica que los recursos acuíferos de la zona de Pachuca y del Valle de Teotihuacán son los más pobres del Valle de México. La mayor parte del agua es de origen pluvial y se desplaza a través de las avenidas. Por el lado sur del Cerro Gordo la corriente desemboca al río Teotihuacán y la corriente de la vertiente norte al río Pachuca que a su vez se almacena en la Presa El Manantial. Una parte importante del agua se infiltra al subsuelo y aflora posteriormente en las partes más bajas donde se recogen y se aprovechan para la agricultura.

El Valle de México se encuentra ubicado en la parte Oriental del Eje Neovolcánico, que surgió a lo largo del Terciario y Cuaternario gracias al hundimiento de la Placa de Cocos bajo la fosa de Acapulco y a lo largo de 7 fases volcánicas. (Mooser, 1975). Durante la fase sexta entre el Pleistoceno y el Reciente, surgieron los volcanes formadores del Cerro Gordo y las elevaciones menores entre Tizayuca y Apan constituidos básicamente de fenobasaltos. El afloramiento andesilicos sólo existe en la zona este de la región de estudio. Estos fenómenos volcánicos contribuyeron sin duda a la formación de las areniscas y tobas las cuales ocupan la mayor parte de la superficie del área.

De acuerdo al objetivo planteado, se busco encaminarlo a dos aspectos principales:

1. Aspecto de campo y de gabinete
 - Descripción del área
 - Elaboración del marco de muestreo (mapa)
2. Trabajo de laboratorio

1.- Para el trabajo de campo se delimitó y caracterizó la zona de estudio mediante.

1. Revisión bibliográfica sobre la zona.
 2. Revisión de la cartografía del D.E.T.E.N.A.L (INEGI).
 - Carta topográfica E-14 B-21
 - Carta Geológica. E-14 B-21. Escala 1:50 000
 - Carta Geológica. E-14 B-21. Escala 1:50 000
 - Carta Clima 14 Q-6.
- Para la elaboración del marco de muestreo; el cual nos permitió conocer aproximadamente la población del cultivo de nopal de tuna blanca; aunado a esto se diseñó un cuestionario para recabar la información referente a la encuesta y a la medición directa. (ver apéndice), por medio de:
 1. Carta topográfica E-21 B-21
 2. Fotografía aérea:
 - Zona 19-B, Rollo 2, Línea 11, de la 42 a la 50.
 - Zona 19-B, Rollo 3, Línea 112, de la 16 a la 24.
 - Zona 19-B, Rollo 3, Línea 114, de la 20 a la 27.
 - Zona 19-B, Rollo 14, Línea 113, de la 27 a la 36

2.- Para el trabajo de laboratorio durante las visitas a la zona de trabajo, se fue colectando muestras de pencas de nopal que presentaban diferentes grados de daño, y se transportaron al laboratorio en bolsas de polietileno y jabas para su posterior aislamiento y determinación.

Actividades preliminares que se realizaron para el aislamiento de los microorganismos.

1. - Esterilización del material de cristalería, que incluyó cajas de Petri, tubos de ensaye, pipetas, etc. mediante calor seco (de 150 a 160°C 1hr).

2. - Preparación de soluciones para tratar la superficie de la mesa de trabajo y del tejido infectado o infestado, con el fin de eliminar o reducir, notablemente los contaminantes de superficie que pudieran interferir con el aislamiento del patógeno.

Los compuestos esterilizantes de superficie que se utilizaron con mayor frecuencia incluyeron: solución de hipoclorito de sodio al 1% (una parte de clorox y 9 partes de agua) la cuál se utilizó para limpiar los tejidos infectados o para sumergir los cortes de esos tejidos en ella, y para limpiar superficies de las mesas de trabajo antes de efectuar el aislamiento del patógeno. Alcohol etílico al 70 o al 95 %, el cual es moderado.

3. - La preparación de medios de cultivo en los que se dejaron desarrollar microorganismos patógenos. Los medios de cultivo que se utilizaron fueron papa dextrosa agar (PDA), para la mayoría de los hongos, el agar nutritivo, para aislar bacterias fitopatógenas. Los medios de cultivo se prepararon en matraces hasta su homogeneización posteriormente se taparon y colocaron en una autoclave a 120° C y a 15 lb de presión durante 15 a 20 min. Los medios de cultivo esterilizados se dejaron enfriar durante un cierto tiempo (40-45°C) y posteriormente se vertieron en cajas de Petri estériles hasta que se solidificaron. El vaciado del medio de cultivo se llevó a cabo lo más asépticamente posible, en un lugar limpio y libre de corrientes de aire y polvo, para impedir la contaminación por microorganismos.

Procedimiento para el aislamiento.

Muy cerca a la lesión observada se colocaron gotas pequeñas de agua y lactofenol, con ayuda de una aguja de disección se hizo un macerado vegetal del cual se tomaron pequeñas cantidades procurando tomar tejido. Esta suspensión se depositó en un portaobjeto al cual también se le colocó una gota de agua o lactofenol y luego se colocó el cubreobjeto, se observó al microscopio compuesto, de preferencia utilizando el objetivo de inmersión; esto es para poder determinar la naturaleza del patógeno.

Para el aislamiento de bacterias se utilizó el procedimiento que sigue: se cortaron 15-25 pedacitos de tejido vegetal de aproximadamente 0.5 cm, de preferencia cercanas a

la lesión, luego se desinfectaron tratándolos con hipoclorito de sodio al 1% durante 2-3 min, se lavaron con agua destilada 3 veces y se colocan en un tubo de ensaye que contiene 10 ml de agua destilada estéril, esta operación se hizo cerca de la flama para evitar la presencia de contaminantes, se taparon y se dejaron reposar durante 15-25 min, tiempo en que la bacteria debe difundirse en el agua. Posteriormente se hicieron diluciones en serie utilizando cinco tubos con 9 ml de agua estéril, se transfiere 1 ml del tubo que contiene la dilución del primer tubo, se agita ligeramente y se transfiere un ml de este tubo, al tubo dos y así sucesivamente; posteriormente se coloca 1 ml de cada uno de los tubos en cajas Petri estériles, se añade medio de cultivo licuado a la temperatura de 45-50°C, se agitan ligeramente y enseguida se deja que solidifiquen y posteriormente se incuban (28°C), a las 24-48 hrs después aparecen las colonias bacterianas.

El otro método llamado de rayado es similar al anterior, es decir se preparan las diluciones en serie y con una asa de siembra se esteriliza a la flama del mechero y se toma la suspensión bacteriana de los tubos, luego se hacen estrías sobre el medio de cultivo solidificado en las cajas de Petri, incubamos a 28°C y a las 24-48 hrs se revisaron.

La técnica de aislamiento para hongos, el primer paso se lavó el tejido infectado en agua para separarlo de la materia orgánica especialmente si el tejido ha estado en contacto con el suelo. En algunos casos es preferible mantener el tejido, mediante el tejido enfermo en agua corriente durante 24-48 hrs. El siguiente paso es la desinfección superficial del tejido, mediante diversos compuestos, de los cuales el más usado es el hipoclorito de sodio (Na OCL) al 1% o alcohol al 70%, seguido de flameado. Este tratamiento destruye un gran número de organismos que se encuentran en la superficie del tejido. Ya que el Na OCL es inactivado por las sustancias orgánicas no penetra (a menos que se usen períodos de exposición muy largos) en los tejidos hospedantes. Es usualmente aconsejable, tratar de aislar de tejidos desinfectados y no desinfectados, poniendo a continuación el tejido en un medio adecuado para el desarrollo del hongo. La selección de la porción de tejido hospedante enfermo, de la cuál se va hacer el aislamiento es tambien muy importante para la obtención del patógeno primario libre de contaminantes. Generalmente es mejor aislar del margen del tejido infectado, especialmente en el caso de tejidos jóvenes los cuales son fácilmente invadidos por microorganismos secundarios.(Agrios, N. George, 1991)

Para las plagas con la fase larvaria y de huevezuelos, se determinó por medio de la bibliografía.

IDENTIFICACIÓN

Resultados de los aislamientos.

Durante los aislamientos se determinaron las siguientes enfermedades y sus agentes patógenos.

"PUDRICIÓN CIRCULAR" (*Erwinia sp.*) Se observan manchas circulares de color amarillo inicialmente, creciendo y cambiando de color café a negro a medida que avanza el daño. Las pencas adquieren consistencia blanda y despiden un olor desagradable.



Fig. 1.- "PUDRICIÓN DE LA EPIDERMIS", (*Xantomona sp.*) Se observa como una mancha oscura que se va agrandando y ennegreciendo formando ampollas en las orillas del cladodio.

Para la determinación de los hongos causantes de las enfermedades se realizó por observación de cultivos puros, utilizando azul de algodón en lactofenol como colorante y por la técnica de microcultivo, ayudados de las claves de Barnet y Hunter, 1972; Echandi, 1971.

Clasificación taxonómica

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Alternaria* sp. Fig. 2

Presenta conidióforo oscuro, la mayoría simple, alargado o elongado; conidios oscuros simples o en cadena ramificado; con septo longitudinal como transversal; de varias formas, elíptico o ovoide; se origina en largas cadenas (agropetales), algunas veces individuales y teniendo un origen apical; con apéndice; parásitos o saprófitos sobre plantas.

Género: *Ascochyta*

Picnidios oscuros, globosos, ostiolado, separado, inmerso en el tejido del hospedero; conidios hialinos dos células, ovoides o oblongadas; parásitos principalmente causando manchas en las hojas.

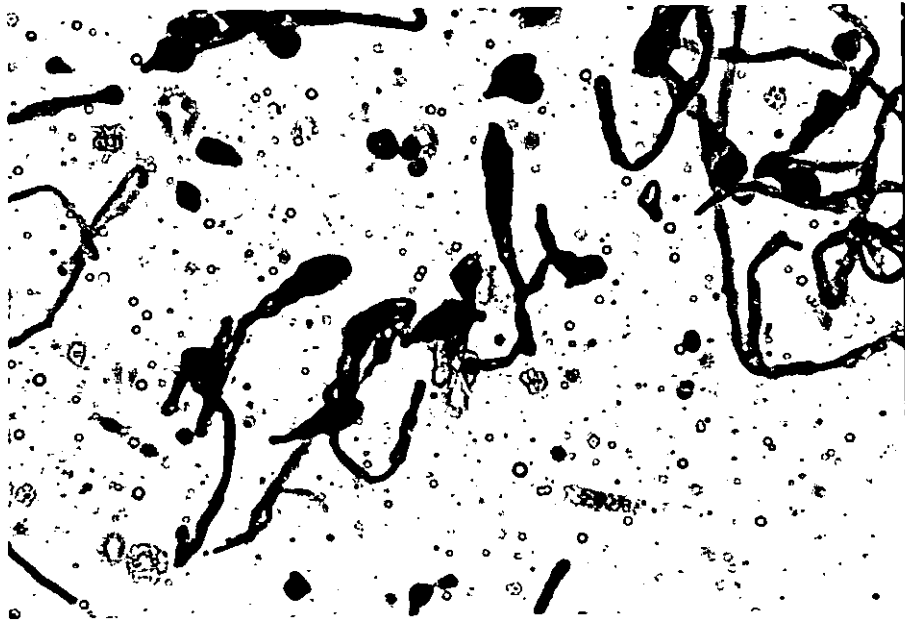


Fig. 2. - Género: *Alternaria* sp. Conidios y conidióforos.

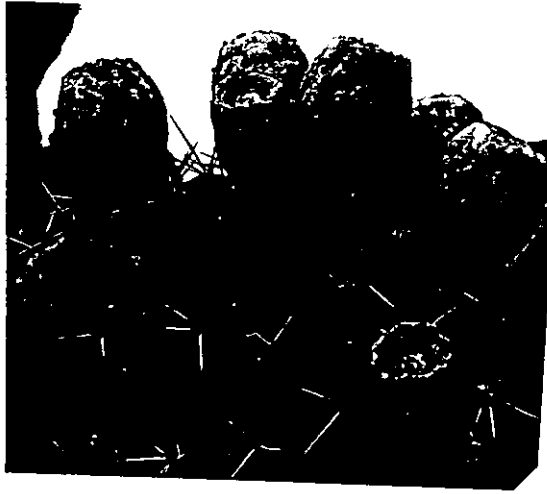


Fig. 3. - "EL ORO" Se presenta como una mancha costrosa de color café claro, iniciándose alrededor del área de inserción de la espina de distribución irregular y que cubre completamente el cladodio, llegando a invadir a la tuna. El ataque se restringe sólo al tejido epidérmico.



Fig. 4.- "MANCHA CAFÉ" (*Alternaria sp.*) Se observan manchas clóricas en el centro y márgenes más oscuros, cuando son numerosas se forma una mancha de mayor tamaño y las pencas empiezan a secarse.



Fig. 5.- RESEQUEDAD (*Alternaria sp.*) Las partes afectadas se observan manchas amarillas con el centro y márgenes más oscuros, cuando se van agrandando las pencas empiezan a secarse.



Fig. 6.- "BARRENADOR DEL NOPAL"

Clasificación taxonómica

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Calandrinae

Género: *Cactophagu*

Especie: *spinolae* Gyllenhal.)

Es considerado como el enemigo más importante del nopal en México, se tienen registros de su presencia desde Chihuahua y Tamaulipas, hasta Michoacán y Veracruz; sin embargo, se encuentra con mayor abundancia en el centro del país y el altiplano. Ataca a un gran número de especies y formas de nopal, tanto silvestre como cultivado. Está ampliamente distribuido desde Centroamérica hasta el suroeste de Estados Unidos, atacando un gran número de especies de los géneros *Opuntia* y *Nopalea* (Mendéz, 1994)

Los adultos aparecen en el mes de mayo, son de color negro con dos manchas en la parte anterior del protórax y dos bandas de color anaranjado en élitros; miden de 23 a 26 mm de longitud; las hembras depositan sus huevezuelos en las partes bajas de las plantas y en los sitios protegidos de las pencas; las larvas miden de 25 a 31 mm de largo, son blancas, algo curvas, ápodas y la cabeza es de color café; al terminar su desarrollo larvario construyen una celdilla con fibras masticadas para convertirse en pupa y así pasar el invierno. Los adultos se alimentan comúnmente de los bordes de las pencas tiernas y las larvas de los tejidos donde hacen galerías en la parte interna de los ejes principales; ciertas áreas de las partes afectadas presentan acumulación de secreciones de consistencia gomosa.

“PICUDO DE LAS ESPINAS”

Clasificación taxonómica

Orden: Coleóptera

Familia: Curculionidae

Género: *Cylindroptorus*

Especie: *birradiatus* Champion

Los adultos emergen en los meses de abril y mayo, son de color oscuro con una mancha dorsal en forma de cruz y de 4 a 1.5 mm de longitud; las hembras depositan sus huevesuelos en la base de las espinas y en los meses de junio y julio emergen las larvas, que son pequeñas, blancas, curvas, ápodas y cabeza de color café; en el mes de noviembre construyen su celdilla en la zona afectada y se convierten en pupa para invernarse.

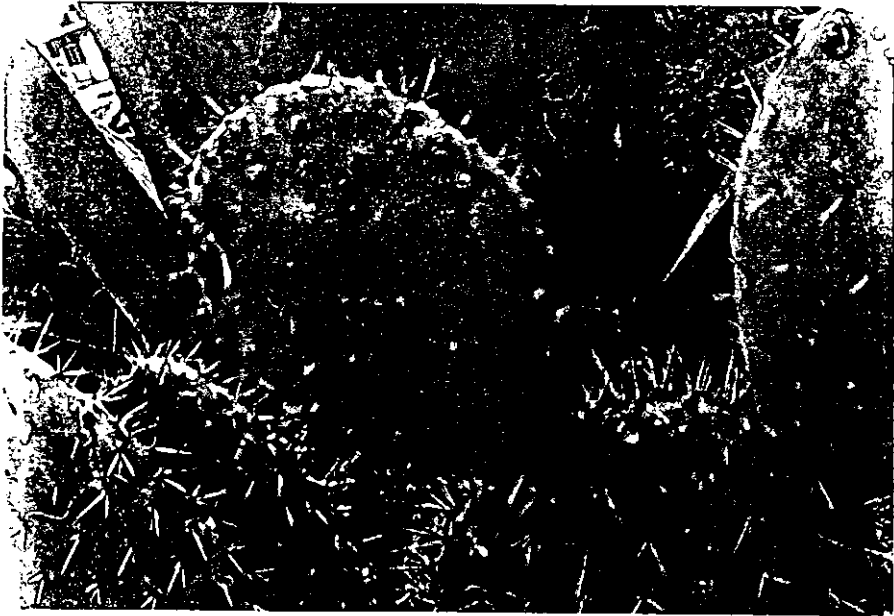


Fig. 7.- Los adultos no causan daño de importancia; las larvas al emerger comienzan a alimentarse dando lugar a un escurrimiento que forma escamas y cintas de secreciones que pronto endurecen y producen un secamiento en la base de las espinas; esto impide en los cladodios atacados el desarrollo de frutos y brotes vegetativos.



Fig. 8. - "COCHINILLA O GRANA"

Clasificación taxonómica

Orden: Homóptera

Familia: Dactylopus

Género: Dactylopius

Especie: indicus Green.

Cuando la temperatura empieza a ascender, se inicia la actividad y la reproducción, se hace notable la ninfa de 36 días de edad, capaz de reproducirse porque ya posee aparato reproductor. La oviposición comienza 4 semanas después de la fecundación, ovopositando cada hembra de 250 a 160 huevecillos de los cuales nacen inmediatamente ninfas que en los 2 primeros días, emigran buscando grietas para llevar a cabo sus actividades.

Se localizan en la parte basal de las espinas, con apariencia de pequeñas bolitas de algodón, que al ser presionadas expelen un líquido rojo púrpura. Ataques severos de esta plaga pueden causar la caída del fruto, debilitamiento de la planta y finalmente la muerte.



Fig. 9. -Huevecillos sobre las pencas o espinas en hileras, formando grupos de 5 a 15 de la chinche gris.

“CHINCHE GRIS”

Clasificación Taxonómica

Orden: Hemiptera

Familia: Coreidae

Género: Chelinidae

Especie: tabulara Burmeister

Al aumentar la temperatura, en la primavera, se incrementan las poblaciones de este insecto que empieza a reproducirse activamente; Las hembras colocan sus huevecillos sobre las pencas o espinas en hileras, formando grupos de 5 a 15; las ninfas al brotar son de color negro, excepto el abdomen que es de color claro verdoso; pasa por 5 etados ninfales y el adulto es de color café grisáceo o verdoso y mide de 12 a 15 mm de longitud. Pueden presentarse de 3 a 5 generaciones por año.

El daño que causa la chinche gris, consiste en pequeñas áreas cloróticas que se forman en los cladodios o pencas; ocasionadas al succionar la savia y el tamaño de la misma varían de 2 a 8 mm de diámetro, según se trate de picaduras de ninfas o adultos. Este insecto muestra preferencia por alimentarse de cladodios tiernos, sin embargo, también, lo hace sobre cladodios de mayor edad e incluso del fruto.

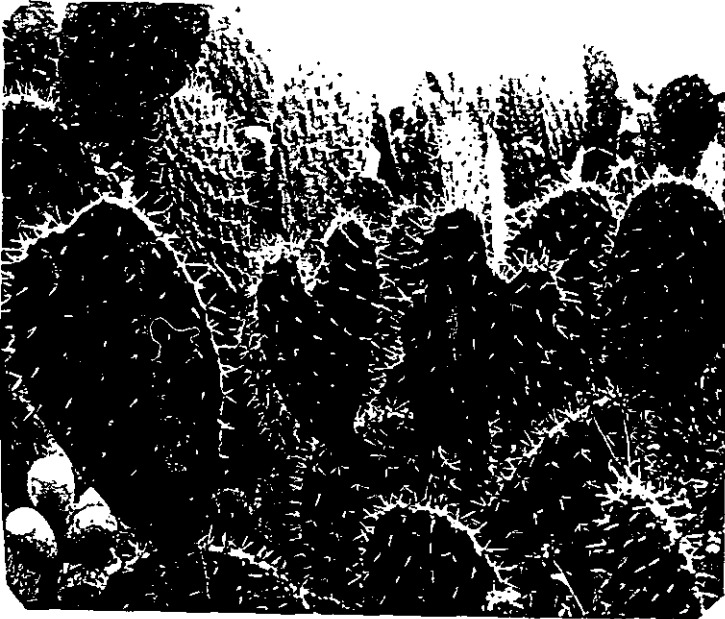


Fig. 10.- CARCOMA DE LA PENCA. Esta comienza siempre en la región apical deteniendo su crecimiento, como las zonas adyacentes continúan creciendo, al llegar a la madurez el cladodio presenta el aspecto dentado o roído. Esta enfermedad se sugiere que puede ser ocasionada por la carencia de elementos menores en el suelo.



Fig. 11.- DAÑO MECANICO.- Se observa en las partes de los cladodios la falta de un trozo, como si le hubieran dado una mordida o un machetazo. Esto es debido porque algunos de los encargados de las huertas, observan que algunas plantas presentan síntomas por ataque de microorganismos o plagas, y le cortan ese pedazo para que no siga más avanzando.

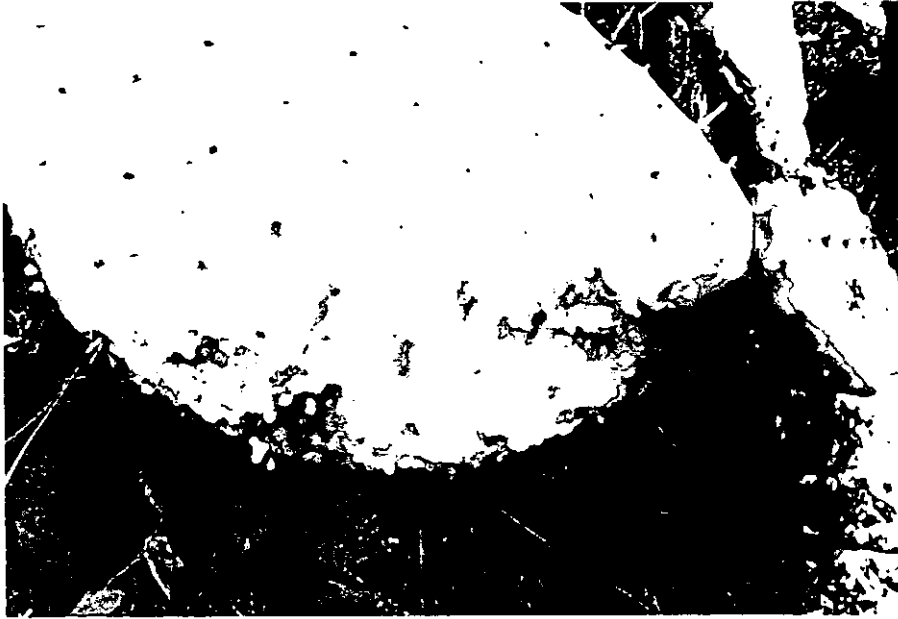


Fig. 12 "CARACOL"

Clasificación Taxonómica

Orden: Stylommatophora

Familia:

Género: *Helix*

Especie: *aspersa* Muller.

Muchos de los rasgos característicos se pueden observar en el caracol común de los jardines. Entre sus caracteres externos presenta concha, cabeza, pie y collar. Es al mismo tiempo masculino y femenino. Es muy activo por las noches, especialmente cuando hay tiempo caluroso y húmedo. Durante el día, se esconden debajo de los objetos que haya sobre el suelo, con la cabeza y el pie metidos en la concha

Son los más perjudiciales en las regiones tuneras del Valle de México, ya que se le alimentan de la parte superficial de las pencas, a las que ocasiona raspaduras que dan un aspecto roñoso y blanquecino; obstruye la fotosíntesis y por lo menos se reduce la producción de nuevos brotes en las pencas afectadas.

RESULTADOS.

Los resultados obtenidos que cumplen el objetivo principal referente a la cuantificación se pueden resumir en las tablas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12). Las cinco primeras tablas se refieren a las enfermedades y plagas en donde se midió la intensidad del daño (cuadros con cuatro columnas). De la tabla 6 a la 10 se refieren a los daños donde únicamente se midió presencia y ausencia. La contribución de cada región para todas las enfermedades en relación con la limpieza se trata en las tablas 11 y 12.

Los resultados vienen dados por región (estrato) es decir, el estimador propuesto es por región, y para estimar la intensidad de daño en la zona se forma un promedio ponderado de las estimaciones de los estratos; en otras palabras, para estimar la intensidad de daño en la zona se uso la siguiente expresión:

$$\hat{R}_z = \frac{\sum_{r=1}^4 \hat{R}_r H_r}{H.}$$

donde: =

\hat{R}_z es la estimación de intensidad de daño en la zona

\hat{R}_r es la estimación de intensidad de daño en la región
r - ésima.

H = es el total de huertas en la zona, es decir,

$$H = \sum_{r=1}^4 H_r$$

Las tablas contienen por cada celda, la estimación puntual y los intervalos de confianza al 95% y 99%. El intervalo que esta inmediatamente después de la estimación puntual es el correspondiente al 95% de confiabilidad. Obviamente cuando el porcentaje de predios afectados es 1 ó 0 entonces no se puede dar la estimación por intervalo para el total de predios afectados (Y), ni para el porcentaje de predios afectados (p), ya que:

Para obtener el intervalo de confianza para p, tenemos:

$$\hat{p} \pm t\hat{V}(\hat{p})$$

donde:

t es un valor obtenido de tablas correspondiente a la confiabilidad.

$$\& \frac{\hat{V}(\hat{p}) = (N - n)pq}{N.(n - 1)}$$

Para obtener el intervalo de confianza para Y, tenemos:

$$\hat{Y} \pm t\hat{V}(\hat{Y})$$

donde:

t es un valor obtenido de tablas correspondiente a la confiabilidad escogida.

$$V(\hat{Y}) = \frac{N(N - n)pq}{(n - 1)}$$

Para las plagas y enfermedades donde se midió la intensidad de daño se tienen los siguiente resultados:

Tabla No. 1.Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del ORO, Barrenador y el Picudo de San Martín de las Pirámides.

ENFERMEDAD	FRECUENCIA DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS	INTENSIDAD PROMEDIO DEL % DE PREDIOS AFECTADOS
ORO	437 (385,464) (368, 464)	0.9418 (0.8292, 1.00) (0.7936, 100)	0.0664 (0.0284, 0.1044) (0.0164, 0.1164)
BARRENADOR	464	1.00	0.0405 (0.0284, 0.1044) (0.0224, 0.0586)
PICUDO	437 (385, 464) (368, 464)	0.9418 (0.8292, 1.00) (0.7936, 1.00)	0.0115 (0.0049, 0.0180) (0.0029, 0.0200)

TABLA No. 2. Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del ORO, Barrenador y el Picudo del poblado San Pablo Izquiltán.

ENFERMEDAD	FRECUENCIA DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS	INTENSIDAD PROMEDIO DEL % DE PREDIOS AFECTADOS
ORO	376	1.00	0.0675 (0.0379, 0.0971) (0.0285, 0.1064)
BARRENADOR	351 (301, 376) (285, 376)	0.9335, (0.8006, 1.00) (0.7586, 1.00)	0.0780, (0.0427, 0.1133) (0.0315, 0.1245)
PICUDO	351 (301, 376) (285, 376)	0.9335 (0.8006, 1.00) (0.7586, 1.00)	0.0471 (0.0240, 0.0702) (0.0169, 0.0775)

Tabla No. 3. Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del ORO, Barrenador y el Picudo del Poblado Cerro Gordo.

ENFERMEDAD	FRECUENCIA DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS	INTENSIDAD PROMEDIO DEL % DE PREDIOS AFECTADOS
ORO	268 (195, 327) (172, 375)	0.8196 (0.5966, 1.00) (.5260, 1.00)	0.1281 (0.0123, 0.2438) (.0000, 0.2805)
BARRENADOR	327	1.00	0.0864 (0.0547, 0.1411) (0.0144, 0.1584)
PICUDO	327	1.00	0.0882 (0.0348, 0.1416) (0.0179, 0.1567)

Tabla No. 4. Frecuencia, porcentaje intensidad de predios afectados de la enfermedad del ORO, Barrenador y el Picudo del Poblado San Antonio las Palmas.

ENFERMEDAD	FRECUENCIA DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS	INTENSIDAD PROMEDIO DEL % DE PREDIOS AFECTADOS
ORO	55	1.00	0.0491 (0.0092, 0.0890) (0.0000, 0.1016)
BARRENADOR	28 (0, 55) (0, 55)	0.5091 (0.00, 1.00) (0.00, 1.00)	0.309 (0.0000, 0.0152) (0.0000, 0.1179)
PICUDO	55	1.00	0.0074 (.0000, 0.0152) (0.0000, 0.0177)

Tabla No. 5. Frecuencia, porcentaje e intensidad de predios afectados de la enfermedad del ORO, Barrenador y el Picudo, de TODAS LAS ZONAS

ENFERMEDAD	FRECUENCIA DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS	INTENSIDAD PROMEDIO DEL % DE PREDIOS AFECTADOS
ORO	1136 (1045, 1222) 1017, 1222)	0.9296 (0.8554, 1.00) (0.8319, 1.00)	0.0825 (0.0156, 0.1494) (0.0000, 0.1705)
BARRENADOR	1170 (1098, 1222) (1076, 1222)	0.9575 (0.8990, 1.00) (0.8804, 1.00)	0.0638 (0.0256, 0.1019) (0.0136, 0.1140)
PICUDO	1170 (1098, 1222) (1076, 1222)	0.9575 (0.8990, 1.00) (0.8804, 1.00)	0.0427 (0.0119, 0.0734) (0.0022, 0.0832)

Para los daños donde únicamente se midió presencia o ausencia se tienen los siguientes resultados:

Tabla No. 6. Porcentaje de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la enfermedad de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequeidad, carcoma y el daño mecánico del poblado de San Martín de las Pirámides.

DAÑOS	TOTAL DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS
PUDRICION DE EPIDERMIS	164 (57, 271) (24, 304)	0.3534 (0.1235, 0.5833) (0.0507, 0.6560)
PUDRICION CIRCULAR	0	0.0000
MANCHA CAFE	300 (193, 407) (160, 460)	0.6465 (0.4166, 0.8764) (0.3438, 0.9491)
COCHINILLA	0	0.0000
CARACOL	409 (337, 464) (314, 464)	0.8815 (0.7261, 1.00) (0.6769, 1.00)
RESEQUEDAD	109 (14, 204) (0, 233)	0.2349 (0.0310, 0.4388) (0.0000, 0.5033)
CARCOMA	437 (385, 464) (368, 464)	0.9418 (0.8292, 1.00) (0.7936, 1.00)
DAÑO MECANICO	464	1.00

Tabla No. 7. Porcentaje de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la enfermedad de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado San Pablo Izquiltán.

DAÑOS	TOTAL DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS
PUDRICION DE LA EPIDERMIS	175 (75, 275) (43, 307)	0.4654 (0.1993, 0.7314) (0.1152, 0.8156)
PUDRICION CIRCULAR	50 (0, 118) (0, 140)	0.1329 (0.0000, 0.3140) (0.0000, 0.3712)
PUDRICION CIRCULAR	276 (187, 365) (159, 376)	0.2659 (0.4983, 0.9697) (0.4238, 1.00)
COCHINILLA	100 (11, 189) (0, 217)	0.2659 (0.0302, 0.5016) (0.0000, 0.5761)
CARACOL	251 (156, 345) (127, 375)	0.6675 (0.4162, 0.9188) (0.3367, 0.9983)
RESEQUEDAD	226 (128, 324) (97, 355)	0.6010 (0.3398, 0.8622) (0.2572, 0.9448)
CARCOMA	351 (301, 376) (285, 376)	0.9365 (0.8006, 1.00) (0.7586, 1.00)
DAÑO MECANICO	251 (156, 345) (127, 375)	0.6675 (0.4162, 0.9188) (0.3367, 0.9983)

Tabla No. 8. Porcentaje de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la enfermedad de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado Cerro Gordo

DAÑOS	TOTAL DEPREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS
PUDRICION DE LA EPIDERMIS	119 (28, 210) (0, 239)	0.3639 (0.0848, 0.6429)
PUDRICION CIRCULAR	30 (0, 85) (0,102)	0.0917 (0.0000, 0.2591) (0.0000, 0.7312)
MANCHA CAFÉ	238 (154, 322) (127, 327)	0.7278 (0.4696, 0.9860) (0.3880, 1.00)
COCHINILLA	89 (5, 173) 0, 200)	0.2722 (0.0140, 0.5304) (0.0000, 0.6120)
CARACOL	149 (54, 243) (25, 273)	0.4556 (0.1667, 0.7445) (0.0754, 0.8358)
RESEQUEDAD	267 (194, 327) (170, 327)	0.8165 (0.5920, 1.00) (0.5210, 1.00)
CARCOMA	327	1.00
DAÑO MECANICO	238 (154, 322) (127, 327)	0.7278 (0.4696, 0.9860) (0.3880, 1.00)

Tabla No. 9. Porcentaje de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la enfermedad de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico del poblado San Antonio de las Palmas.

DAÑOS	TOTAL DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS
PUDRICION DE EPIDERMIS	0	0.0000
PUDRICION CIRCULAR	0	0.0000
MANCHA CAFÉ	28 (0, 55) (0, 55)	0.5091 (0.0000, 1.00) (0.0000, 1.00)
COCHINILLA	28 (0, 55) (0, 0.55)	0.5091 (0.0000, 1.00) (0.0000, 1.00)
CARACOL	55	1.00
RESEQUEDAD	55	1.00
CARCOMA	55	1.00
DAÑO MECANICO	55	1.00

Tabla No. 10. Porcentaje de predios afectados de la Pudrición de la epidermis, Pudrición circular, de la enfermedad de la mancha café, la cochinilla, el caracol, la resequedad, carcoma y el daño mecánico de TODA LA ZONA.

DAÑOS	TOTAL DE PREDIOS AFECTADOS	PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS
PUDRICION DE EPIDERMIS	458 (288, 628) (235, 681)	0.3747 (0.2343, 0.5151) (0.1899, 0.5595)
PUDRICION CIRCULAR	80 (0, 168) (0, 195)	0.0654 (0.0000, 0.1371) (0.0000, 0.1598)
MANCHA CAFÉ	842 (678, 1006) (626, 1058)	0.6890 (0.5548, 0.8232) ((0.5123, 0.8657)
COCHINILLA	217 (82, 352) (39, 395)	0.1775 (0.0667, 0.2883) (0.0316, 0.3233)
CARACOL	864 (703, 1025) (652, 1076)	0.7070 (0.5750, 0.8390) (0.5333, 0.8807)
RESEQUEDAD	657 (480, 834) (424, 890)	0.5376 (0.3930, 0.6822) (0.3473, 0.7279)
CARCOMA	1170 (1098, 1222) (1076, 1222)	0.9574 (0.89888, 1.00) (0.8803, 1.00)
DAÑO MECANICO	1008 (873, 1143) 831, 1185)	0.8248 (0.7146, 0.9350) (0.6797, 0.9699)

La contribución de cada región para todas las enfermedades se comenta anteriormente región por región.

Para probar la hipótesis planteada en la investigación, se procedió a la siguiente manera:

La hipótesis 1 se planteó como a continuación se describe:

Hipótesis estadística: La limpieza de las huertas no tiene relación con la incidencia de plagas y enfermedades.

Es decir,

$$H_0 : P_1 = P_2 \quad \text{vs} \quad H_1 : P_1 \neq P_2$$

Donde:

P_1 = Porcentaje de predios afectados en las huertas limpias.

P_2 = Porcentaje de predios afectados en las huertas no limpias.

Para probar esta hipótesis, la información relevante se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 11. CANTIDAD Y PORCENTAJE DE PREDIOS AFECTADOS POR LAS DIVERSAS PLAGAS Y ENFERMEDADES.

PLAGAS Y ENFERMEDADES ESTADO FITOSANITARIO	O R O	B A R R E N A D O R	P I C U D O	P. E I D E R M I S	P. C I R C U L A R	M. C A F E	C O C H I N I L L A	C A R A C O L	R E S E Q U E D A D	C A R C O M A	D. M E C A N I C O
HUERTAS LIMPIAS	29 0.90	31 0.96	30 0.94	9 0.28	2 0.06	22 0.68	6 0.18	16 0.50	22 0.68	30 0.94	27 0.85
HUERTAS NO LIMPIAS	12 .92	12 .92	13 1.0	8 .62	1 .08	9 .69	1 08	7 .54	9 .69	13 1.0	10 .77

Sin embargo el análisis para la prueba de hipótesis se tiene que hacer por separado para cada enfermedad y por lo tanto las modalidades no son ajenas

De tal manera, por ejemplo, para la enfermedad del ORO se tendría:

Tabla 12. Cantidad y porcentaje de predios afectados por la enfermedad del ORO y otras enfermedades

PLAGAS Y ENFERMEDADES ESTADO FITOSANITARIO	O R O	O T R A S
HUERTAS LIMPIAS	29 0.90	3 0.10
HUERTAS NO LIMPIAS	12 0.92	1 0.08

y cuadros similares para las demás plagas o enfermedades.

Para la prueba de hipótesis, se utilizó una prueba X^2 , obteniéndose los siguientes resultados, Con un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$.

Para la enfermedad del "ORO":

$$X_c^2 = 0.032$$

$$X_1^2(0.95) = 3.841$$

como $X_c^2 < X_1^2(0.95) \Rightarrow$ no rechazo H_0

Para el BARRENADOR:

$$X_c^2 = 0.454$$

\Rightarrow no rechazo H_0

Para el PICUDO:

$$X^2_c = 0.850 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para la PUDRICIÓN DE LA EPIDERMIS

$$X^2_c = 4.39$$

$$X^2(0.95) = 3.841; \quad X^2(0.99) = 6.63$$

$$\text{con } \alpha = 0.05 \quad \text{Rechazo } H_0$$

$$\alpha = 0.01 \quad \text{No Rechazo de } H_0$$

Haciendo la corrección por finitud

$$X^2_c = 2.27$$

$$\text{con } \alpha = 0.5 \quad \text{no rechazo } H_0$$

$$\alpha = 0.1 \quad \text{no rechazo } H_0$$

Para la enfermedad PUDRICIÓN CIRCULAR:

$$X^2_c = 0.031 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para la enfermedad MANCHA CAFÉ

$$X^2_c = 0.000997 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para la COCHINILLA:

$$X^2_c = 0.860 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para el CARACOL

$$X^2_c = 0.000997 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para la RESEQUEDAD

$$X^2_c = 0.05473 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para la CARCOMA:

$$X^2_c = 0.85029 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

Para el DAÑO MECÁNICO:

$$X^2_c = 0.35120 \quad \Rightarrow \text{no rechazo } H_0$$

La hipótesis 2, se planteó de la siguiente manera:

Hipótesis estadística: La presencia de una enfermedad o plaga en la planta no disminuye la producción, se puede decir que:

La producción es la misma en las huertas sin incidencia que en las huertas con incidencia.

Es decir

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{VS} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

donde

μ_1 = promedio de producción en las huertas sin incidencia

μ_2 = Promedio de producción en las huertas con incidencia

NOTA: Se comparó las huertas que no tenían oro contra las que si tenían oro; las que tenían barrenador contra las que no tenían y las que tenían picudo contra las que no tenían picudo. Ya que no hubo ningún caso en donde no se presentaran las tres enfermedades por lo que se decidió hacer comparación por separado para cada enfermedad.

¹ * Unicamente se toma la producción de las 10 plantas muestra para cada huerta.

Para comprobar la hipótesis, se utilizó la prueba t, obteniéndose los siguientes resultados con $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.10$.

Para el Oro

$$t_c = 0.7865$$

$$t^{40}_{0.975} = 2.021$$

$$t^{40}_{0.95} = 1.684$$

Como $t_c < t$ tablas \Rightarrow no rechazo H_0 en ningún de los dos niveles de:

Para el Barrenador

$$t_c = 1.7749 \quad \Rightarrow \quad \text{no rechazo } H_0 \text{ Al nivel de 5\%}$$

pero

rechazo H_0 al nivel de 10%

Para el Picudo:

$$t_c = 1.5831 \quad \Rightarrow \quad \text{no rechazo } H_0 \text{ al nivel del 5\%}$$

no rechazo H_0 al nivel de 10%

\Rightarrow = (entonces)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

1. - De los recorridos realizados durante la colecta del material, se encontraron plantas de nopal de tuna blanca con síntomas de la enfermedad del ORO, fig No.3, características que coinciden con el reportado por Aragón, S. Nidia y Tafolla, R. Catarina (1978).

2. - También se encontraron plantas de nopal tunero con síntomas de pudrición, las cuales se caracterizaron por una apariencia suave, viscosa y oscura con exudado amarillento Fig. 1), además de un olor desagradable, características que coinciden con las reportadas por Osorio y Soto (1994) con una incidencia de trazas.

3. - Se puede observar que en la región de San Martín de la Pirámides, el Barrenador es el que se presentó con mayor frecuencia, 464 huertas afectadas que es el 100% del total, sin embargo la intensidad es del 0.04 o sea que cae en la escala 1 de daño, lo que significa que presentó únicamente huellas.

4. - En lo que se refiere a la enfermedad del Oro y al Picudo, estos se presentaron con la misma frecuencia, 437 predios afectados, lo cual es el 94% del total de predios en la región 1; sin embargo, de estos, la enfermedad del Oro es la que presenta mayor intensidad, aproximadamente 0.07; por 0.01 del picudo ubicándose ambos en la escala número 1.

5. - En el poblado de San Pablo Izquiltán la enfermedad del Oro se presenta en los 376 predios, con una intensidad de aproximadamente 0.07, es decir, la intensidad del daño cae en la escala 1; mientras que el Barrenador y el Picudo se presentan en 351 predios o sea que en el 93% del total de esta región; solamente que el primero tiene una intensidad de 0.8 aproximadamente y en el otro con una intensidad de 0.5 aproximadamente, sin embargo los dos se encuentran en la escala 1.

6. - En el poblado de Cerro Gordo la enfermedad del Oro se presenta en 268 predios (aproximadamente 82% del total) con una intensidad de 0.13, lo que quiere decir que se encuentra en la escala 1. En lo que se refiere al Barrenador y al Picudo, ambos se presentan en 327 predios del total de los predios de la región con una intensidad de aproximadamente 0.09 para ambos, es decir, con un daño cuantificado por la escala número 1.

7. - En el poblado de San Antonio las Palmas tanto la enfermedad del Oro como el Picudo se presentan en el total de los predios (55 en la región), pero en el primero presenta una intensidad de 0.05 aproximadamente, el otro sólo el 0.007, sin embargo, ambos se encuentran en la escala 1.

8. - En cambio el Barrenador se presentó en 28 predios (aproximadamente el 51% del total) con una intensidad de 0.03, ubicándose también en la escala 1.

9. - La enfermedad del Oro se presenta en 1136 predios, en otras palabras aproximadamente el 93% de los predios de la zona están afectados por la enfermedad del Oro donde la intensidad es de 0.08 aproximadamente. En términos más amplios podríamos afirmar (con probabilidad de 0.99 de acertar) que al menos hay 1017 predios afectados, lo cual

corresponde al 83% del total de predios, con una intensidad de a lo más de 0.17; en términos de las escalas del daño en la enfermedad del Oro cae a lo más en la escala 1. A contribución de las regiones en esta enfermedad es como sigue: Tanto en la región 2 como en la 4, el 100% de los predios están afectados, siguiéndoles en importancia la región 1 con 94% y por último la región 3 con el 82% de predios afectados.

10. - El Barrenador y el Picudo se presentan ambos en 1170 predios (96% del total) con una intensidad de 0.06 para el primero y de 0.04 para el otro. En términos probabilísticos se puede decir con un 99% de confianza que al menos hay 5076 predios afectados, los cuales corresponden al 88% del total de predios, con una intensidad de a lo más de: 0.11 para el Barrenador y el 0.08 para el picudo, cayendo ambos en la escala número 1

11. - En el poblado de San Martín de las Pirámides el daño mecánico es el que se presenta con mayor frecuencia ya que las 464 huertas de la región están afectadas, siguiéndoles en importancia la carcoma con 437 (94% del total de predios), el caracol con 409 (con un 88%), la mancha café con 300 predios afectados que equivale a un 65%, la pudrición de epidermis con 164 predios afectados con un porcentaje de 35% y por último la resequead con 109 predios afectados con un porcentaje del 23%, la pudrición circular y la cochinilla no afectaron a ninguna huerta.

12.- En San Pablo Izquitlán en esta región, los daños se presentaron de la siguiente manera: La carcoma con 351 huertas afectadas (93% del total de predios) ocupa el primer lugar, siguiéndoles la mancha café con 276 huertas afectadas 73%, el caracol y el daño mecánico ambos con 251 (67%), la resequead con 226 (60%), la pudrición de epidermis con 175 (46%), la cochinilla con 100 (27%) y por último la pudrición circular con 50 huertas afectadas (13%).

13.- En el poblado de Cerro Gordo en esta región se observa que la carcoma con las 327 (100%) huertas afectadas es la que se presenta con mayor frecuencia, después la resequead con 267(82%), la mancha café y el daño mecánico ambos con 238%(73%), el caracol con 149(46%), la pudrición de la epidermis con 119(36%), la cochinilla con 89(27%) y por último la pudrición circular con únicamente con 30 huertas afectadas (9% del total).

14.- En San Antonio las Palmas en esta región se presentaron en las 55 huertas afectadas con; el caracol, la resequead, la carcoma y el daño mecánico; la mancha café y la cochinilla en 28(51%) y en los dos tipos de pudrición (circular y de epidermis) no se presentaron en ninguna huerta.

15. En toda la zona el daño de mayor frecuencia es la carcoma de la penca con 1170 huertas afectadas (96%), después con 1008 huertas afectadas (82%) el daño mecánico; el caracol con 842 (69%), la resequead con 657 (54%) y la pudrición de la epidermis con 458 (37%) ocupan el cuarto, quinto y sexto lugares respectivamente, y por último lugar en importancia, de acuerdo a la frecuencia con que se presentan en la zona.

16.- Para comprobar la hipótesis 1, utilizando la prueba X^2 podemos decir que el porcentaje de predios afectados (de todas las plagas y enfermedades donde se realizó la medición) en las huertas limpias, es el mismo porcentaje de predios afectados en las huertas limpias; para probar la hipótesis 2, se utilizó la prueba t concluyendo podemos decir que el promedio de producción en las huertas con incidencia es el mismo en las huertas sin incidencia con un nivel $\alpha = 0.05$ (para las tres enfermedades). Para el Barrenador, con $\alpha = 0.10\%$ se concluye que el promedio de producción en las huertas con incidencia es diferente (mayor) al promedio de producción en las huertas sin incidencia.

De la encuesta se detectó que la fertilización solo se práctica en muy poca escala, en cambio la agregación de materia orgánica comúnmente estiércol, se práctica al momento de establecer la plantación y después se agrega cada dos o tres años; la fertilización química, el control de plagas y enfermedades solo es realizado por productores que cuentan con bastantes recursos y en la explotación de mayor extensión. .

Recapitulando y analizando nuevamente los resultados obtenidos con la encuesta se encontró que la incidencia y severidad son mayores en la huerta sin labores culturales, esto era probable, como se ha observado con otros cultivos al descuidarlos y no realizarles las labores culturales adecuadas, son severamente afectados por plagas y/o enfermedades. Y más cuando el material enfermo y el de poda lo juntan y lo dejan en las orillas de las huertas, por lo que esto es un reservorio y foco de propagación de los patógenos cuando se presentan las condiciones adecuadas para su desarrollo.

Anexo 1

CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA RECOLECCION DE LA
INFORMACION

CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA RECOLECCION DE LA INFORMACION
PARA LA ESTIMACION DE ALGUNAS ENFERMEDADES EN EL NOPAL EN LA
ZONA DE SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES.
(MAYO a SEPTIEMBRE)

La información que nos proporcione servirá de base para la elaboración de investigaciones
en la zona.

Se garantiza el carácter confidencial de la información proporcionada.

A. ENTREVISTA

PARTE I. DATOS GENERALES

1.- Nombre de la huerta _____

Región (R₁) (R₂) (R₃) (R₄)

Poblado: (P₁) (P₂) (P₃) (P₄) (P₅) (P₆)

No. de Huerta: _____

2.-Tipo de propiedad: _____

(1) Ejidal ___(2) P.P no asociados ___ (3) P.P. Asoc ___ (4) Soc. Prod.
Tuna. ___

PARTE II. INFORMACIÓN DE LAS PLANTAS DE TUNA BLANCA

3.- Hectáreas de la huerta:

Totales:

--	--	--	--	--	--	--

De tuna blanca:

--	--	--	--	--	--

4.-¿Que edad tiene sus plantas de tuna blanca?

(1) - menor o igual a 3 años

(2) - mayor de 3 años menor de 7 años

(3) - mayor de 7 años

Si responde la opción (1), pase a la pregunta No. 6.

5.-¿ Las sembró el mismo año?

(1) Sí (2) no

6.- ¿Cuál es el número total de plantas?

--	--	--	--	--	--	--	--

Si en la pregunta No.4 contestaron la opción 1, pase a la pregunta No.17.

7.-¿ Fertiliza?

- (1) Sí
- (2) No
- (3)

Continúe pase a la 12.

8.-¿Cuantas hectáreas Fertilizó?

--	--	--	--	--	--	--	--

Pregunte por columna hasta 11.

9.-¿Nombre del fertilizante que aplicó?

10.-¿Cuánto fertilizante aplico por hectárea? (Ponga unidades)

--	--	--	--	--	--

11.-¿Cuándo fertilizó? ¿Antes o después de la cosecha?

- (1).- antes _____ especifique _____
- (2).- después _____ especifique _____

12.-¿Ha sido atacada la plantación por alguna enfermedad, plaga o siniestro?

- (1).- Sí
- (2).- no

continúe pase a 17

13.-¿Cuál?

-
- 1.- _____ 2.- _____ 3.- _____
 - 4.- _____ 5.- _____ 6.- _____

14.-¿En cuantas hectáreas se presentó esto? ¿Cuándo?

HECTAREAS	MES	AÑO

15.-¿Que aplicó para controlar esa enfermedad, plaga o siniestro?

Insecticida ¿Cuál? _____

Fungicida ¿Cuál? _____

Otra medida _____

nada _____

16.-¿Cuánto aplicó por hectárea? (ponga unidades)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

17.-Nombre del propietario _____

Nombre del entrevistado _____

fecha de la entrevista _____

18.-OBSERVACIONES GENERALES

Planta	Cladodio	Otro	Enfermedad ORO				Mancha negra				Barrenador				Picudo				N
			0	1	3	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
X	1																		
X	2																		
X	3																		
X	4																		
X	5																		
X	6																		
X	7																		
X	8																		
X	9																		
X	10																		
X	11																		
X	12																		
XI	1																		
XI	2																		
XI	3																		
XI	4																		
XI	5																		
XI	6																		
XI	7																		
XI	8																		
XI	9																		
XI	10																		
XI	11																		
XI	12																		
XII	1																		
XII	2																		
XII	3																		
XII	4																		
XII	5																		
XII	6																		
XII	7																		
XII	8																		
XII	9																		
XII	10																		
XII	11																		
XII	12																		

22.-¿ Dónde se deposita el material de desecho?

1.- Centro (2).- Orillas (3).- Esquinas (4).- Otras

23.-Que tipo de material es

De poda Enfermo Plaga

24.-Destino del material de desecho

Se quema

Se entierra

Otro.

25.-¿El predio se encuentra limpio?

(1) Si

(2)

No

26.-Localización del predio

1.-parte alta

2.- parte baja

(1)con pendiente (2)sin pendiente

(3)con pendiente

(4)sin pendiente

27.-Tipo de suelo

I.- Pedregoso

II.- no pedregoso

(1)compacto (2)no compacto

(3)compacto (4)no compacto

28.-Ubicación del predio (punto de referencia)

(1).- panteón

(2).- granja

(3).- vía del tren

(4).- barranca

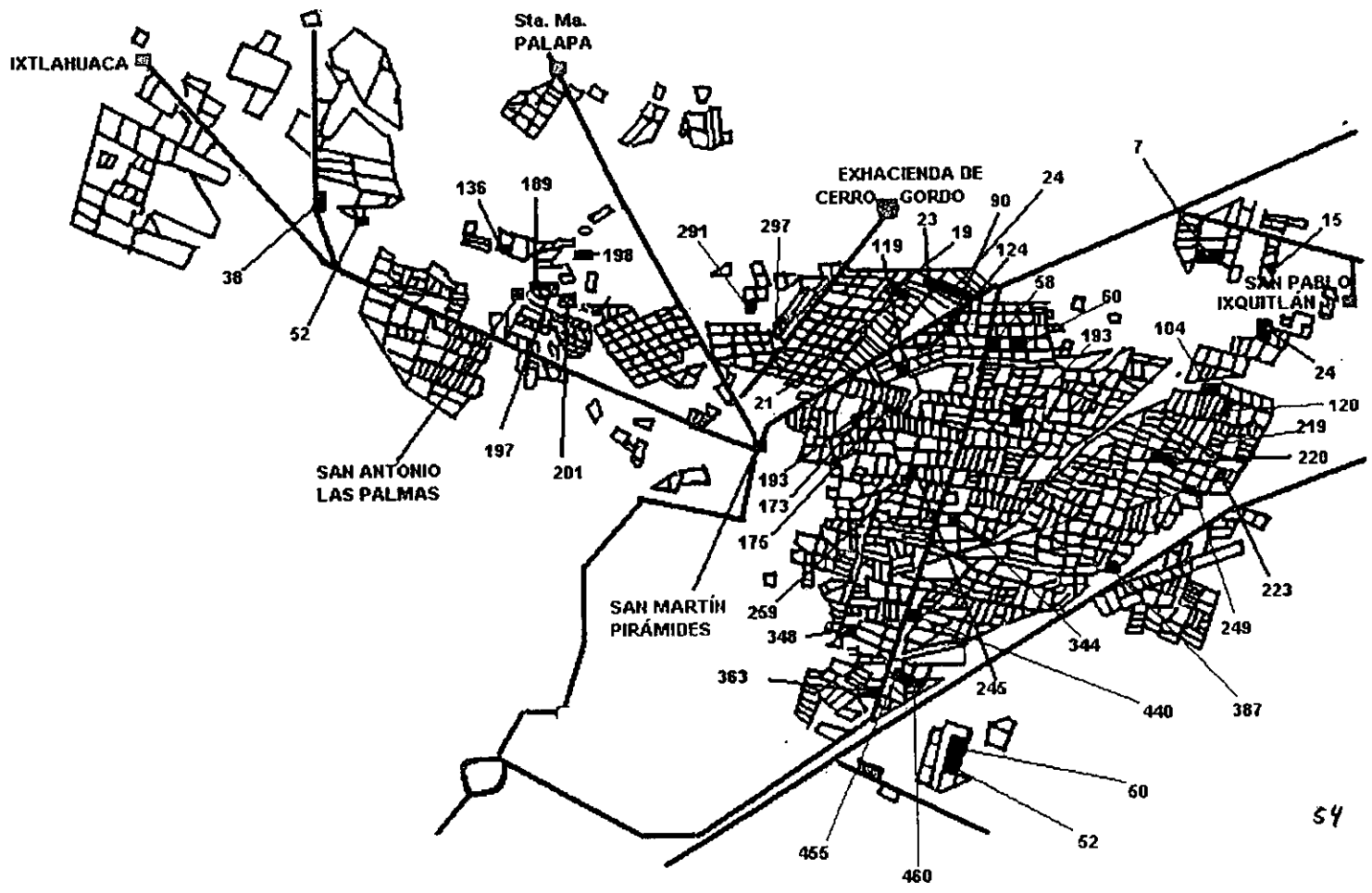
(5).- otra

29.-Fecha de la toma de información.

--	--	--	--	--	--	--	--

30.- OBSERVACIONES GENERALES.

ANEXO 2
MARCO DE MUESTREO
(mapa)



ANEXO 3

INSTRUCTIVO PARA LA MEDICION DIRECTA

El cuestionario utilizado contiene dos partes principales, según la procedencia de la información:

La parte correspondiente a la entrevista.

La parte correspondiente a la medición directa.

Tanto en una como en otra, es necesario prever de instructivos que permitan en el campo realizar adecuadamente el trabajo, ya que la calidad de una encuesta depende de la preparación de la persona de campo para la recolección de la información.

Para la parte correspondiente a la entrevista el instructivo elaborado se reproduce en el Anexo 4, para la parte correspondiente a la medición directa, el instructivo que se elaboró para tal fin se reproduce a continuación.

“El trabajo de selección de plantas y cladodios en una huerta se hará de la siguiente manera”:

I.- Al llegar a una huerta, se procederá a contar la cantidad de plantas que tiene de largo y las que tiene de ancho, con el fin de saber (de manera aproximada), el número total de plantas que existen en dicha huerta; además en caso necesario se deberá medir la huerta (cuantos muestreos de largo y cuantos de ancho). En ambos casos, es conveniente poner el mapa de la huerta al reverso de la primera hoja del cuestionario, Ya que se contabilizó el número de filas a lo largo y a lo ancho de la huerta se considerará:

1. - Cuántas filas a lo ancho de una huerta y se selecciona de una manera sistemática 3 de ellas.
2. - En dos de las filas seleccionadas se hará la selección de 3 plantas y en la fila restante se seleccionaran 4 plantas (en ambos casos, con muestreo sistemático).

Para saber en cual de las filas se toman cuatro plantas se realizará un sorteo entre las tres filas y a la fila seleccionada se le tomarán cuatro plantas como muestra, teniendo un total de 10 plantas muestra.

De manera explícita, la selección sistemática de filas se hará de la siguiente manera:
(Ver figura No.9)

En una huerta seleccionada, denotemos con N el número total de filas en el ancho de la huerta, y n las filas que vamos a seleccionar (en este caso tres) entonces se procede como sigue:

(1) Esto será cuando no sea satisfactorio basándose en el número de filas, saber el número de plantas.



Fig.No 13.- Selección de cladodios en una planta para evaluar las enfermedades y plagas.

a)- Dividir:

$$N/n = k$$

Si resulta que k es fraccionario, se toma k como el entero más próximo a la razón N/n

En caso de que se tenga duda de cual entero elegir (por ejemplo, si $k = 3.5$), se toma k como el entero mayor más próximo a la razón N/n (en el caso de $k = 3.5$, se toma

$$k = 4)$$

b)- Obtener un número aleatorio entre 1 y k (a este número se le denomina el arranque aleatorio), y el número obtenido, agregar los intervalos k hasta seleccionar exactamente 3 filas (para esto hay que considerar la lista de filas como si fuera circular, de manera que la última fila sea seguida por la primera fila).

Como ilustración del método, supongamos que el número obtenido es j , entonces nuestra muestra constituida por tres filas (en el ancho de la huerta), va ser la siguiente:

De las filas $j, j + k,$ y $j + 2k$

C) - De las filas j , $j + k$, $j + 2k$ seleccionar aleatoriamente una para decidir cual de ellas va a contener 4 plantas. Por otro lado, para la selección de las plantas en las filas, se procede en cada fila de las 3 ya seleccionadas de manera análoga a lo anteriormente seleccionado, donde en este caso, N va a denotar el número total de plantas en una fila seleccionada, y n va a denotar las plantas que vamos a seleccionar en dicha fila (que pueden ser 3 ó 4=).

II.- Después de haber seleccionado las plantas procedemos como sigue:

1.-Se seleccionan 12 cladodios por planta (para recabar la información de la parte II del cuestionario) de manera siguiente:

Se para uno enfrente de la planta cuya dirección del pasillo es a lo largo de la huerta y se seleccionan 6 cladodios. El primero va a ser aquel que quede a la altura de la cabeza, los siguientes dos van a ser aquellos que queden a la altura de los hombros (teniendo los brazos extendidos de manera horizontal). Para la seleccionar los otros tres se seleccionará primero aquel que quede a la altura del pecho y los otros dos, los que queden a la altura de las caderas (ver fig. 1). Todo esto es de manera aproximada con el fin de poder esquematizar la situación.

Para seleccionar los otros seis, se traslada uno a la parte opuesta de la planta y se procede de la manera descrita anteriormente.

III.- Por último, al término del trabajo en una huerta,

Se anota:

- De quién es la huerta.
- Nombre de la huerta.
- Donde vive el dueño: Congregación, Ranchería, etc.
- Asociación a la que pertenece
- Referencias y ubicación de la huerta, con la finalidad de que el dueño a la hora de la entrevista identifique su huerta en el mapa.

Todo lo referente al punto III, se pone la información al reverso de la segunda hoja del cuestionario.

ANEXO 4
MANUAL DE REFERENCIA DEL ENTREVISTADOR

Mediante este manual se da una guía al entrevistador para que maneje el cuestionario en forma adecuada; se cubren las posibles situaciones de ambigüedad que se pudieran presentar a lo largo de la ejecución de la entrevista.

El cuestionario consta de 5 cuatro partes

Parte I:	Datos generales.
Parte II:	Datos de las plantas de tuna blanca proporcionados por el productor.
Parte III:	Cuantificación de enfermedades y daños por insectos.
Parte IV:	Indicadores de enfermedad.

La parte I y II corresponden a la información que se obtendrá por entrevista directa con el dueño de la huerta o bien con el encargado de ella (de preferencia con este último). En cuanto a las partes III y IV estas se refieren a la medición directa que debemos realizar.

De lo anterior se observa que:

- a) De la calidad de la encuesta en las dos primeras partes (ENTREVISTA) dependerá de:
 - i) Que la entrevista se realice con personas que estén relacionadas directamente con el cuidado de la huerta; así como también que cuando se tome la entrevista se le informe sobre el tema de la investigación.
 - ii) Al aplicar el cuestionario, se forme una atmósfera cordial y hacer que la persona entrevistada se sienta bien garantizándole el carácter confidencial de la información proporcionada.
 - iii) Se tenga tacto para desalentar la conversación superflua por un lado y por el otro saber provocar respuestas de quienes aparentemente no estén dispuestas a cooperar (argumentando que la enfermedad o daño, merma la producción y calidad del producto).
 - iv) El planteamiento de las preguntas. Estas deben realizarse del mismo modo como están redactadas y de esta manera garantizar que los entrevistados contesten correctamente la misma pregunta, lo cual hace que los resultados sean comparables; también se debe de respetar el orden de las preguntas así como de evitar de inducir al entrevistado a contestar cosas de las que no este plenamente seguro.

- b) En tanto que las partes III y IV (MEDICION DIRECTA) dependerá de:
- i) La concepción que se tenga acerca de la importancia del trabajo, teniendo claramente definida la necesidad de la investigación, así como de la forma en que se emplearán los resultados.
 - ii) De los elementos de información profesional que se tengan para no tener ambigüedad en la identificación de los diferentes daños, labores culturales y otros, es decir que cuando se mida se sea objetivo, de tal manera que se describa únicamente lo que se percibe y no lo que se infiere, en otras palabras, hay que evitar juicios dictados por el deseo.

Es importante notar que, de no ser posible tener la información de las partes I y II, las otras servirán para cumplir los objetivos propuestos, además de que de estas últimas depende la calidad de la investigación.

Es de vital importancia que los cuestionarios sean llenadas correctamente, ya que evitará pérdida de tiempo en la revisión.

LISTA DE CLAVES

Las claves asignadas a los poblados son los siguientes:

P1	Poblado No1	San Martín de las Pirámides.
P2	Poblado No.2	San Pablo Izquitlán.
P3	Poblado No.3	Cerro Gordo.
P4	Poblado No.4	San Antonio las Palmas.
P5	Poblado No.5	Ixtlahuaca.
P6	Poblado No.6	Santa María Palapa.

Para medir la intensidad de las enfermedades se propuso una escala del 0 - 3, donde:

0	Significa que el cladodio no tiene daño.
1	El daño tiene un máximo del 25%
2	El daño tiene un rango de variación del 25% -50%.
3	El daño que se presenta en el cladodio es más del 50%.

Las abreviaturas utilizadas son:

E.S.	espina
B.O.	borde
P.P.	parte plana
O	otros
N	el cladodio examinado no presenta.
	Enfermedad del ORO.
	Mancha café
	Barrenador
	Picudo de las espinas
	Ninguna de las contenidas en el rubro "otros".

ENCUESTA.

Para los fines de la encuesta la información fue colectada por medio de un cuestionario, el cuál fue dividido en dos rubros principales, dependiendo de la procedencia de la información obtenida; uno que corresponde a la entrevista y el otro que corresponde a la medición directa. Véase Anexo 3. Se diseñó así porque se consideró que resultaba difícil saber donde vivía la gente que cuida las huertas (predios) y eso dificultaba la localización de los posibles entrevistados; para prevenirse de esta situación, se planeó que el cuestionario se dividiera en los dos rubros antes mencionados, de tal manera que los objetivos establecidos fueran alcanzados aún cuando no fuera posible realizar la entrevista, y que con la parte correspondiente a la medición directa pudieran cumplirse. La recolección de la información en los dos rubros fue hecha en diferentes fechas, realizando la medición directa en el período de mayo-julio, en tanto que la entrevista se llevó a cabo en el mes de agosto y principios de septiembre, ya que en la mayoría de los casos no era posible realizarlas al mismo tiempo, debido a las razones antes mencionadas.

Para diseñar el cuestionario se tomó en cuenta además de los objetivos de la encuesta, los conocimientos que sobre las enfermedades se tenía para poder realizar la parte correspondiente a la medición directa, de tal manera que las enfermedades consideradas en el cuestionario estuvieran bien identificadas y las escalas de medida, de intensidad estuvieran definidas; lo anterior; antes de realizar la encuesta se llevaron a cabo una serie de visitas a la zona de estudio para coleccionar material vegetativo con síntomas de las enfermedades y con esto determinar cuales eran las más frecuentes y poder identificarlas, así como definir las escalas de medición, además en el recorrido se empezó a formularse algunas hipótesis con las cuales se trabajaría posteriormente; paralelamente a esto se fue construyendo el marco de muestreo el cuál más tarde nos permitiría conocer la probabilidad de selección de cada elemento de la población de estudio (ver definición de marco).

Posteriormente, en la recolección de la información en el rubro correspondiente a la entrevista (parte 1 y 2) se utilizó el método del cuestionario (en donde se utiliza un conjunto de preguntas estándares); por otro lado, en el rubro correspondiente a la medición directa (parte 3, 4 y 5) se preparó una lista de renglones y se obtuvo información sobre ellos; la recolección de la información en la parte 4 se obtuvo una vez que había sido obtenida la información de la parte 3, la cuál requería el recorrido dentro de la huerta y por lo tanto permitía tener mayor veracidad en la información levantada en la parte 4. En cuanto a la parte 5, esta información era recabada paralelamente a la realización de la parte 3 y 4.

DEFINICIÓN DEL MARCO DE MUESTREO

Para establecer el marco de muestreo, se definió la población objeto como:

"Las plantas de nopal de tuna blanca mayores de 3 años en la zona de San Martín de las Pirámides"

Es conveniente mencionar que la población objeto no es la misma que la población que utilizamos comúnmente en Estadística; la primera se refiere a los objetos a quienes se le quiere medir alguna característica de interés, mientras la otra se refiere al conjunto de mediciones hechas sobre los objetos.

El marco fue construido con apoyo de fotografía aérea, mapa topográfico, así como con la visita directa a las huertas de tuna blanca en la zona de San Martín de las Pirámides, Estado de México, el cual se llevó un tiempo aproximadamente 6 meses para quedar terminado, de donde finalmente el marco quedó construido como se presenta en el Anexo 2(mapa). Además, en la visita realizadas en la zona también se tomaba información relacionada con el tipo de suelo y otros aspectos que posteriormente sirvieron para estratificar.

Debido fundamentalmente a la definición de población objeto y a la manera como fue construido el marco, este presenta el siguiente problema:

Contiene elementos extraños como son:

- a) Las huertas de nopal de tuna blanca que tienen una edad menor o igual de 3 años;
- b) Las huertas de maíz
- c) Las huertas de otras especies de Opuntias

En cuanto a las huertas menores de 3 años o iguales estas no eran posible detectarlas por medio de la fotografía aérea, ni tampoco con la visita directa, ya que no siempre es posible saber de manera directa la edad de las plantas, incluso casos, solamente hasta que se realizó la entrevista se supo si las huertas eran menores e iguales a 3 años, y como la entrevista se hizo después de la medición directa, se realizó la medición en 13 huertas que no correspondían a nuestra población objeto, de tal manera que la proporción obtenida en la muestra fue de 0.288.(referencia)

En cuanto a los elementos extraños mencionados en el inciso b), a pesar de haber realizado la visita directa no se tenía la seguridad absoluta de que no existieran dichos elementos en nuestro marco.

Por otro lado, se decidió seleccionar las huertas de refacción para el caso de que la medición directa no se pudiera realizar por causas imprevistas y por si las huertas seleccionada correspondían a una diferente.

Debido a que la muestra no se presentó ningún elemento extraño de los mencionados en el inciso b), es posible concluir que es poco probable que dichos elementos se encuentren en nuestro marco, por otro lado, dado que no hubo ningún contratiempo no se utilizaron las huertas de refacción.

Por último mencionaremos que el tipo de marco utilizado para la investigación realizada fue un marco área⁽⁴⁾, de la cual se da la siguiente definición.

“Un marco por áreas consiste en un agregado de unidades identificables de terreno(segmentos), los cuales son generalmente áreas pequeñas y en donde cada unidad de observación está asociada con una y sólo una de tales áreas” (Villarreal y Domínguez, Ricardo Germán. 1970. El método de muestreo por áreas en la investigación agrícola. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México. 74 p.)

⁽⁴⁾Existen dos tipos de marco principalmente.

- a) Marco Area: En donde las unidades de muestreo finales son áreas terrestres y las unidades informadoras sólo pueden identificarse por reglas geográficas que las asocien con áreas terrestres en la muestra.
- b) Marco lista: Es aquel que no satisface las condiciones de marco área.

En nuestro caso, las unidades de muestreo fueron predios perfectamente identificables en el marco, de tal manera que al realizar la entrevista con el encargado de la huerta, éste pudiera ubicar su huerta en el mapa y así poder asegurar que en las huertas donde se realizó la medición directa fueran las mismas en donde se iba a obtener la información por medio de la entrevista.

DISEÑO DE MUESTREO

Una vez construido el marco de muestreo (mapa) se estratificó considerando principalmente las diversas zonas geográficas, así como las delimitaciones naturales que tenían estas y como consecuencia se suponía que había diversas condiciones ambientales en ellas; conjuntamente a esta información se consideró también la relacionada con el tipo de suelo, la cual fue obtenida por medio de bibliografía y visitas directas a la zona. El número de estratos (regiones) fue de cuatro.

En la planeación de la encuesta fue necesario decidir sobre que tamaño de muestra (n) era necesario utilizar para llevar a cabo sin que se desperdiciaran recursos y además para que los resultados fueran utilizados dentro de un margen de error preestablecido.

Es necesario mencionar que para determinar el tamaño de muestra satisfactoriamente se necesita conocer que exactitud se requiere, es decir, hay que establecer un margen de error (d) en los resultados, sin embargo, hay que notar que no se puede garantizar una exactitud dentro del porcentaje deseado, excepto midiendo todas las unidades de la población. No importa que tan grande sea tomando n, hay posibilidad de obtener una muestra muy desafortunada que este en error en más del porcentaje deseado, para esto se necesitó aceptar

que hay un pequeño riesgo α , que hay que estar dispuestos a correr de que el error real sea mayor que (d), es decir, queremos:

$$\Pr\left(\left|y - \bar{Y}\right| \geq d\right) = \alpha$$

donde:

- \bar{Y} Es el promedio poblacional desconocido.
- y Es el estimador del promedio poblacional.
- d Es el margen de error elegido
- α Es una probabilidad pequeña.

Se supone un muestreo simple aleatorio y además que \bar{y} se distribuye normalmente, entonces:

$$\sigma_{\bar{y}}^2 = (1-f) \frac{S^2}{n} = \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{S^2}{n}$$

entonces

$$\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{N-n}{N} \frac{S^2}{n}}$$

donde:

S^2 = varianza poblacional

n = tamaño de la muestra

$f = \frac{n}{N}$ = fracción de muestreo

N = tamaño de la población

Por lo tanto, la fórmula que conecta a n con el grado de precisión deseado es:

$$d = \sqrt{\frac{N-n}{N} \frac{S^2}{n}}$$

En donde, t es la abscisa en un punto que separa una área α en los extremos de la distribución de t de Student con $n-1$ gl (para muestras grandes se puede tomar la distribución normal standard). Resolviendo para n encontramos:

$$n = \frac{\left(\frac{ts}{d}\right)^2}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{ts}{d}\right)^2}$$

si hacemos:

$$n_0 = \left(\frac{ts}{d}\right)^2$$

entonces:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Si se considera que $\frac{n_0}{N}$ es despreciable, entonces, n_0 es una aproximación satisfactoria de n .

Hay que hacer notar que se ha obtenido una fórmula para n , pero n depende de alguna propiedad de la población que va a ser hecha en un muestreo. En este caso, la propiedad es la varianza de la población (S^2).

En la práctica para estimar la varianza de la población para la determinación del tamaño de muestra, se procede de la siguiente dos formas;

- 1) A través de los resultados de una encuesta piloto.
- 2) Por conjetura sobre la estructura de la población, segunda por algunos resultados matemáticos.

Para obtener el tamaño de muestra en la investigación presentado en esta tesis, se supuso un margen de error del 5% y el riesgo que se quería correr era del 5% también, además, la estimación de la varianza de la población (S^2) se obtuvo por medio de la información que se tenía de la feria de la tuna de 1979 en la zona de San Martín de la Pirámides, acerca de la enfermedad del ORO, el Picudo y el Barrenador; esta información provenía de 32 huertas en donde se hizo la medición en 15 plantas por cada huerta para detectar si existía alguna plaga o enfermedad. Hay que mencionar que el tamaño de muestra obtenida con esta información fue el correspondiente a las unidades de primera etapa (huertas). Como el diseño de muestreo es de dos etapas, es necesario calcular el tamaño de muestra para las unidades de segunda etapa (plantas), de aquí se deduce que es necesario estimar la varianza poblacional entre plantas; para esto se propuso el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + H_i + \varepsilon_{ij} \text{-----(1)}$$

$j = 1, 2, \dots, 15$ (plantas)
 $i = 1, 2, \dots, 12$ (huertas)

Suposiciones:

$$H_i \sim N(0, \sigma_H^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

En el modelo (1):

Y_{ij} - Representa la intensidad de daño encontrado en j -ésima planta de i -ésima huerta.

μ - es el promedio (cantidad en %) de la enfermedad de la zona de San Martín de las Pirámides.

$$H_i = \mu_i - \mu$$

(Diferencia entre el contenido promedio de la i -ésima huerta y el contenido promedio sobre toda la población).

Al incluir este término se está tomando en cuenta el hecho de que el promedio de daño varía de una huerta a otra. Cada huerta de la población tiene su valor de H_i , de suerte que podemos considerar H_i como una variable aleatoria con una distribución sobre la población, de aquí que resulte interesante estimar su varianza.

ε_{ij} . Se incluye porque la determinación está sujeta a error de medición, error de apunte, etc.

Se supone ε_{ij} independiente de H_i .

σ_H^2 - Se le denomina en este caso, componente de varianza por huerta.

Del modelo (1) se puede obtener que con p -plantas de cada una de las h -huertas, la media muestra. \bar{Y} está dada por:

$$\bar{Y} = \mu + \bar{H} + \bar{\varepsilon}$$

Donde:

\bar{H} - Es la media de los valores independientes de H (una por cada huerta)

$\bar{\epsilon}$ - Es la media de $h \times p \epsilon_{ij}$ independientes, entonces la varianza de $\bar{Y}_{..}$ (como estimación de μ) es:

$$V(\bar{Y}_{..}) = \frac{\sigma_H^2}{h} + \frac{\sigma^2}{hxp} = \frac{\sigma^2 + px\sigma_H^2}{hxp} \text{-----(2)}$$

La estimación del numerador de la ecuación del numerador de la ecuación anterior la proporciona el análisis de varianza del modelo (1); una vez hecha la estimación de σ_H^2 y de σ^2 , en el modelo (2) se puede ir variando h & p y determinar para que combinación de h & p , $V(\bar{Y}_{..})$ es mínima. Hay que hacer notar que h va a tener un valor mínimo y es el que se obtuvo cuando se determinó el tamaño de muestra para las unidades de primera etapa.

Finalmente, el tamaño de muestra utilizado en la investigación fue de:

45 huertas.

10 plantas en cada huerta, y en cada planta se seleccionaron 12 cladodios para medir intensidad de daño, de acuerdo a la escala previamente fijada.

Las 45 huertas fueron distribuidas dentro de los estratos de acuerdo al número que contenía cada región o estrato, es decir, se hizo una asignación proporcional a la cantidad de huerta en cada estrato, el número de huertas muestra fue de 17, 14, 12, 2 en las regiones 1,2,3, y 4 respectivamente, más de dos huertas de refacción para cada una de las regiones. El número de huertas totales en cada región fue de 464, 376, 327, y 55 para cada región 1,2,3, y 4 respectivamente.

Dada la naturaleza del problema y los objetivos de la investigación, el diseño de muestreo utilizado para la obtención de la muestra fue realizado para dos etapas, en donde las unidades de la primera etapa fueron las huertas y las unidades de la segunda etapa fueron las plantas. Para los fines de la encuesta se entendía como huerta:

“Todo terreno que fuera trabajado por la misma persona utilizando el mismo implemento de trabajo, así como las mismas labores culturales y además que el terreno tuviera una delimitación del área de trabajo”

Para estimar la intensidad promedio del porcentaje de predios afectados en la zona se utilizó el estimador que a continuación se describe:

Notación:

Valores poblacionales.

H_r = Número de huertas totales en la región r -ésima ($r=1,2,3$ y 4), que vendrían siendo los números de unidades primarias.

P_{rw} = Número total de plantas en la huerta w-ésima de la región r-ésima ($w=1,2,\dots, H_r$)
 = Número de unidades secundarias hechas un muestreo en la Unidad primaria w-ésima ($prw=10$).

$yrwp$ = Valor de la medición en la planta p-ésima de la huerta w-ésima en la región r-ésima ($p=1,2,\dots,10$).

Y_{rw} = Total de la huerta w-ésima.

$$Y_{rw} = \sum_{p=1}^{Prw} yrwp$$

\bar{Y}_{rw} = Promedio de la huerta w-ésima

$$\bar{Y}_{rw} = \frac{1}{Prw} \dots Y_{rw} = \frac{1}{Prw} \sum_{p=1}^{Prw} yrwp$$

$Y_{r..}$ = Total de la población en la región r-ésima

$$Y_{r..} = \sum_{w=1}^{H_r} Y_{rw}$$

$$= \sum_{w=1}^{H_r} \sum_{p=1}^{Prw} yrwp$$

Valores muestrales y estimador:

hr = Número de huertas en la muestra en la región r-ésima ($r=1,2,2,4$).

= Número de unidades primarias en la muestra.

Prw = Número de plantas en la muestra en la huerta w-ésima de la región r-ésima ($w=1,2,\dots,hr$)

= Número de unidades secundarias hechas en un muestreo en la unidad primaria w-ésima ($prw=10$)

\bar{y}_{rw} = Promedio de la muestra de plantas en la huerta w-ésima

$$\bar{y}_{rw} = \frac{1}{prw} \sum_{p=1}^{prw} yrwp$$

\hat{Y}_{rw} = Total estimado de la unidad primaria w-ésima

$$\hat{Y}_{rw} = Prw \bar{y}_{rw}$$

$\hat{Y}_{r..}$ = Total estimado para la población en la región r-ésima

$$\begin{aligned}\hat{Y}_{r..} &= Hr \frac{\sum_{w=1}^{hr} \hat{Y}_{rw}}{hr} \\ &= \frac{Hr}{hr} \sum_{w=1}^{hr} Prw \bar{y}_{rw}\end{aligned}$$

Para estimar el promedio de toda la población

$$\bar{Y} = \frac{Y_{r..}}{\sum_{w=1}^{hr} Prw}$$

Era necesario conocer los valores de Prw para todas las unidades de la población objeto, como no fue posible obtenerlos el estimador propuesto toma la forma de un estimador de razón en donde es necesario estimar el numerador y el denominador.

El estimador propuesto es el siguiente

$$\hat{R} = \hat{Y} = \frac{\frac{Hr}{hr} \sum_{w=1}^{hr} \frac{Prw}{prw} \sum_{p=1}^{prw} yrwp}{\frac{Hr}{hr} \sum_{w=1}^{hr} \frac{Prw}{prw} \sum_{p=1}^{prw} xrwp} = \frac{\sum_{w=1}^{hr} (Prw, \bar{y}_{rw}/w)}{\sum_{w=1}^{hr} (Prw, \bar{x}_{rw}/w)} \hat{Y} = \frac{\hat{Y}}{\hat{X}} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$llw = \frac{hr}{Hr}$ Es la probabilidad de seleccionar la unidad w-ésima en la muestra.

$$xrwp = 1, \bar{x}_{rw} = 1$$

Además \bar{Y} & \bar{X} estiman insesgadamente a Y & X respectivamente.

donde: $X = \sum_{w=1}^{hr} Pr w$

Una expresión más sencilla para la ecuación (1) es:

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{w=1}^{hr} Pr w \cdot \bar{y}_{rw}}{\sum_{w=1}^{hr} Pr w} = \frac{\sum_{w=1}^{hr} \frac{Pr w}{prw} \sum_{p=1}^{prw} yrwp}{\sum_{w=1}^{hr} Pr w} = \frac{\hat{Y}}{\hat{X}} \text{-----(2)}$$

de donde el estimador de la varianza de este estimador es:

$$\hat{V}(\hat{Y}) = \frac{(1-hr)}{Hr} \frac{1}{hr, \bar{P}^2 r} S_p^2 + \frac{1}{hr, \bar{P}^2 r, Hr} \sum_{w=1}^{hr} Pr^2 w \left(1 - \frac{prw}{prw}\right) \frac{S_s^2}{prw} \text{-----(A)}$$

donde: $\bar{Pr} = \frac{\sum_{w=1}^{hr} Pr w}{hr}$

$$S_p = \frac{\sum_{w=1}^{hr} P^2 r w (\bar{y}_{rw} - \hat{Y})^2}{hr - 1}$$

$$S_s = \frac{\sum_{p=1}^{prw} (yrwp - \bar{y}_{rw})^2}{prw - 1}$$

Ahora bien, si se considera que (1) es un estimador de razón en un sentido estricto, entonces una medida de variabilidad para este estimador la proporciona el error cuadrático medio (E.C.M.), ya que en los estimadores sesgados se utiliza el E.C.M. para medir la variabilidad. El E.C.M. es una medida análoga a la varianza que es la que se utiliza en los estimadores de razón insesgados. Cabe hacer mención que los estimadores de razón son sesgados sin embargo si la muestra es grande (≥ 30) el sesgo es pequeño (Ver apéndice C estimador de razón).

Supongamos que la expresión (1) nos denota un estimador de razón en sentido estricto, entonces, si las upm (unidades primarias de muestreo) son seleccionadas con probabilidades iguales sin reemplazo y al azar, entonces para estimar la media, el estimador resultante es:

$$\hat{R} = \frac{\sum_{w=1}^{hr} Pr w, \bar{y}rw.}{\sum Pr w}$$

y como una estimación de la muestra del E.C.M. se tiene:

$$\frac{(1-hr) H^2r}{Hr} \frac{H^2r}{hr, \hat{P}^2r.} \frac{\sum_{w=1}^{hr} P^2rw (\bar{y}rw. - \hat{R})^2}{hr-1} + \frac{Hr}{hr \hat{P}^2r.} \frac{\sum_{w=1}^{hr} P^2rw (1-prw) \sum_{p=1}^{prw} (y_{rwp} - y_{rw})^2}{Pr w \quad prw-1} \text{-----B}$$

si en esta última expresión hacemos:

$$\hat{P}r. = Hr \bar{P}r. = Hr \frac{\sum_{w=1}^{hr} Pr w}{hr}$$

Entonces la expresión (B) es igual a la expresión (A), es decir en este caso $\hat{V}(\hat{Y}) = E.C.M.(\hat{Y})$, entonces el estimador propuesto es insesgado.

Ahora bien, en este estimador el valor de la medición en la unidad secundaria p-ésima de la unidad primaria w-ésima denotado anteriormente como yrwp nos representa, la intensidad promedio en una plata y se obtiene por el método de Townsend y Heuberger (Fr. W. Kremer y G. Unterstenhorfer). El método se resume en la fórmula siguiente:

$$Y_{rwp} = \frac{\text{suma}(n \times v) \times 100}{Z \times N}$$

donde:

Y_{rwp} Intensidad de ataque o daño

n = Número de cladodios en cada categoría de infestación.

v = número de cladodios en cada categoría de infestación (valores escalares)

Z = Valor numérico de la categoría máxima ó número de categorías diferentes de cero

N = Número total de cladodios medidos en la planta.

El procedimiento general de muestreo en la zona de San Martín de las Pirámides fue el siguiente:

- a) Se tomo cada una de las 4 regiones geográficas definidas como estratos.
- b) En cada región se seleccionaron huertas con muestreo simple al azar sin reemplazo. El número de huertas seleccionadas en cada región fue proporcional al número de huertas por región.
- c) Dentro de cada huerta (donde era necesario estimar el número total de plantas) se seleccionaron 10 plantas con muestreo sistemático en dos dimensiones.
- d) Para cada planta (donde era necesario contar con el número total de cladodios) se seleccionaron 12 cladodios con muestreo simple al azar sin reemplazo, en donde se levanto la información.

El método de estimación utilizado en la investigación está dividido en dos fases.

- F.1: Predicción de un aspecto de interés en estudio de la planta de nopal de tuna blanca en una huerta.
- F.2: Selección de la muestra de predios cuyo aspecto de interés se estima. Agregación de estas predicciones para la estimación del aspecto en cuestión en el ámbito regional y a nivel zona de San Martín de las Pirámides.

En la fase 1 se seleccionan con muestreo sistemático en dos dimensiones 10 plantas de nopal de tuna blanca y en cada planta se seleccionan 12 cladodios. (Véase anexo 3)

En la fase 2 se seleccionan las huertas en cada una de las regiones con muestreo aleatorio simple sin reemplazo.

En resumen, el diseño de muestreo utilizado fue **Bietapico estratificado**, en donde las unidades de primera etapa (huertas) se seleccionan al azar sin reemplazo y las unidades de la segunda etapa (plantas) se seleccionan con muestreo sistemático en dos dimensiones.

Se elaboraron dos instructivos para recabar la información en el campo.

- 1) Instructivo para la medición directa (véase anexo 3)
- 2) Manual de referencias del entrevistador (véase anexo 4)

En donde el instructivo 1 es creado para que la selección de las unidades de la segunda etapa sea tomada en forma correcta, en tanto que el 2 es creada para dos propósitos básicos:

- 1) Explicar con claridad el trabajo del encuestador a cada paso.
- 2) Hacerle sentir al encuestador de crear una atmósfera cordial y cómoda.

Las labores de campo para esta encuesta las realizaron fundamentalmente dos persona.

La medición de la intensidad de las enfermedades la hizo un **biólogo**.

Un **actuuario** llevaba a cabo la supervisión del trabajo de campo, ya que se verificaba que las instrucciones se llevaran a cabo tal como se habían planeado en el escritorio, de esta manera es posible darse cuenta de cual eran las dificultades que se presentaban en el campo y así poder apreciar que tan real es lo que se propone en el escritorio y por otro lado tener una participación tanto en la **planeación** como en la **conducción** de la encuesta.

El **biólogo** se encargo de realizar la entrevista y se llevó a cabo inmediatamente después de realizar la medición directa.

Una vez realizadas las entrevistas se procedió a revisar los cuestionarios, de donde se decidió que algunas preguntas no se incluyeran en el análisis, esto se hizo principalmente por dos razones.

- 1) Las respuestas eran muy ambiguas y esto ocasionaba que para una misma pregunta, las respuestas no fueran comparables.
- 2) La ausencia de la respuesta.

Para el primer punto se presenta el caso de la pregunta número 10, en donde algunas de las respuestas fueron las siguientes:

- “2 carretas”
- “1 bote”
- “1 carretilla”

De manera similar sucedía en las preguntas 11,14 y 16.

En cuanto a la ausencia de respuesta, esta se debió principalmente porque la gente entrevistada no sabia la respuesta.

En conclusión, para el análisis no se incluyeron las preguntas 6,8,10,11,14 y 16.

Para facilitar el análisis necesitamos las respuestas en términos numéricos, sin embargo no todas las preguntas del cuestionario aplicado pueden contestarse en esos términos Debido al tipo de preguntas que se incluyeron en él, para ellas se elaboró una lista de códigos de acuerdo a la frecuencia con que se repetía cada respuesta. Por ejemplo de este tipo de preguntas es el número 9 entre otras.(véase **anexo 1 cuestionario**)

Finalmente se procedió revisar los cuadros que se querían tener al final de la investigación con el objeto de verificar que los resultados no fueran extraños, dada la experiencia previamente adquirida en el campo, la cual permitió tener una visión más real del problema.

Algunos de los cuadros obtenidos se presentan comentados en los resultados.

Para recopilar la información necesaria para el trabajo de campo, el muestreo se hizo tanto para la huerta como para la planta.

Se hicieron salidas a la zona de San Martín de la Pirámides para ir estructurando el marco de muestreo y el cuestionario; con ayuda de fotografía aérea, la carta topográfica y la entrevista con las personas relacionadas con las huertas.

Una vez familiarizado con la zona de trabajo, se recorrió la región y se fue marcando los predios con cultivos sólo de tuna blanca sobre las fotos aéreas, para así poder formar el marco de muestreo. Una vez elaborado el marco de muestreo, los predios se enumeraron y se subdividió en regiones para un fácil manejo de cada uno de ellas y para que fuera más representativo.

Con la entrevista a las personas de las huertas se fue elaborando las preguntas para la formación del cuestionario, que nos servirá para que se facilitara recabar la información necesaria para poder llevar a cabo los objetivos planteados.

Una vez que se tenía el marco de muestreo y el tamaño de muestra, se utilizó una tabla de números aleatorios para seleccionar las huertas.

Para la elección de las plantas se hizo sistemáticamente al llegar a una huerta, se contaron las hileras a lo largo y ancho. Para el muestreo de los cladodios se seleccionarán 12 (doce) en total, tratando abarcar las partes laterales por delante, por detrás, por arriba, por abajo y por el centro(foto)

MUESTREO POR CONGLOMERADOS

Un procedimiento de muestreo, presupone dividir la población en un número finito de unidades distintas e identificables, llamadas unidades de muestreo. Las unidades más pequeñas en que puede dividirse una población se llaman elementos de la población, y grupo de tales elementos son los llamados conglomerados. Cuando la unidad de muestreo es un conglomerado, el procedimiento de muestreo se designa como muestreo de conglomerados.

Para varios tipos de poblaciones, no siempre es factible obtener una lista de todos los elementos ya que no existe ninguna lista utilizable (denominada marco) para ser enumerada, dentro de la cual seleccionar la muestra; incluso, suponiendo que existiera no sería económico basar la encuesta en una muestra simple aleatoria de tales unidades; por lo tanto, no resulta posible usar el elemento como unidad de muestreo. El método de conglomerados se usa de tales casos.

Es muy frecuente que los conglomerados estén definidos como "áreas" o partes bien delimitadas de terreno, de modo que todas las unidades últimas, correspondientes a las áreas sean las que constituyan, el conglomerado; de aquí que este generalizada la denominación del muestreo por áreas para designar estos procedimientos de muestreo.

El empleo de conglomerados o áreas como unidades de muestreo se justifican por razones de economía (costos, tiempo y recursos) y en ciertos casos por la disminución de sesgos al facilitarse la supervisión; además hay que hacer notar que la concentración de unidades disminuye a necesidad de desplazamiento.

El número de elementos de un conglomerado se llama tamaño de conglomerados. Los conglomerados son en la mayoría de las poblaciones de tamaño desigual. En general, mientras más pequeño sea el tamaño del conglomerado, más exacta será la estimación de las características de la población para un número dado de elementos en la muestra por lo tanto, para un número determinado de elementos, es lógico esperar que se obtenga una mayor precisión distribuyéndolos en un gran número de conglomerados y haciéndose un muestreo un gran número de elementos de cada uno de ellos o enumerándolos completamente.

Cuando se compara una muestra de conglomerados con una muestra de elementos del mismo tamaño n , podemos esperar una varianza mayor pero un costo menor en la muestra de conglomerados. En general, la mayor distribución de una muestra de elementos en una población produce mayor precisión pero es más costosa.

El procedimiento de seleccionar primero conglomerados y luego escoger un número específico de elementos de cada conglomerado seleccionado (utilizando también métodos probabilísticos) se conoce como submuestreo.

En el muestreo por conglomerados solo necesitamos disponer de la lista de conglomerados, en el caso de que haya que afectar una segunda selección de unidades últimas o submuestreo, se necesita formar la lista de unidades componentes de cada conglomerado, pero ello resulta económico que confeccionar la lista de todas las unidades en la población completa.

En el submuestreo puede considerarse conglomerados de conglomerados ó área de áreas, efectuándose una sucesión de submuestreo en varias etapas. Los conglomerados que resulten de la primera división se llaman unidades primarias de muestreo (U.P.M.) o unidades de primera etapa, los de segunda, secundarias (U.S.M.) y así sucesivamente. A la muestra obtenida de la U.P.M. seleccionadas se les llaman selecciones primarias (SP). Las selecciones primarias también se llaman conglomerados finales. El término conglomerado final se utiliza para denotar el total de unidades incluidas en la muestra, de una unidad primaria (Hansen, 1953).

En resumen.

Cuando una población contiene muchas unidades más o menos dispersas, puede haber dos razones fundamentales que impidan la toma de la muestra directamente de la población.

1ª. Que no se disponga de un marco para las unidades de la población y sea muy caro e imposible construirlo.

2ª. El costo de muestreo se incremente mucho por la dispersión de las unidades, siendo más deseable obtener la muestra de un modo menos disperso.

Cuando ocurra al menos una de las dos situaciones antes señaladas se recomienda el uso de muestreo por conglomerados.

La ventaja principal es que sólo debe elaborarse un marco para las unidades primarias de muestreo y las de las etapas subsecuentes. El trabajo de campo resulta menos costoso porque la encuesta sólo se realizará en la U.P.M. seleccionadas y por lo tanto se reduce el costo de los viajes.

En lo que se refiere a estimación de totales, medias razones y proporciones de la población a partir de un diseño determinado de submuestreo (o multietápico), el principio básico es el de formar las estimaciones empezando con las unidades de la última etapa y terminando con las de la primera.

En la encuesta presentada en esta tesis, las unidades que se requerían investigar directamente eran las plantas de nopal de tuna blanca por lo que resultaba imposible construir un marco para dichas unidades, tomando en cuenta estas consideraciones se necesito construir un marco para seleccionar unidades más grandes o conglomerados (huertas), en lugar de seleccionar directamente las plantas. Como puede notarse el tamaño era diferente para cada conglomerado.

Ahora bien, primero seleccionamos las huertas y en cada huerta seleccionada se obtuvo una muestra de plantas, a esto se le llama muestreo bietápico, puesto que ahora la muestra se selecciona en dos etapas, primero las huertas (llamadas unidades primarias de muestreo ó de primera etapa) y después las plantas (unidades de segunda etapa) dentro de las huertas. También se le llama submuestreo, puesto que se ha tomado una muestra adicional (de plantas) de la muestra original de huertas.

MUESTREO SISTEMÁTICO

Cuando una población objeto se encuentra en el marco distribuido de manera aleatoria es más fácil obtener la muestra usando muestreo sistemático; por esta razón (simplicidad en la selección de la muestra) el método es usado extensivamente en la práctica.

El muestreo sistemático consiste en dividir la población de N unidades en n subgrupos ordenados y tomar un elemento de cada subgrupo; en este método únicamente la primera unidad es seleccionada con la ayuda de números aleatorios, el resto se selecciona automáticamente a partir de la primera: Para seleccionar la primera unidad tomamos aleatoriamente un número i , tal que $1 \leq i \leq k$ y a continuación de manera rígida o sistemáticamente (de aquí el nombre del procedimiento) se van tomando las unidades:

$$U_{i+k}, U_{i+2k}, \dots, U_{i+(n-1)k}$$

de tal manera que los elementos incluidos en la muestra son:

$$\left\{ U_{i+k}, U_{i+2k}, \dots, U_{i+(n-1)k} \right\}$$

Hay que hacer notar que estamos suponiendo que $N=nk$, donde n es el tamaño deseado de la muestra y k es un número entero tal que $k = \frac{N}{n}$. A k se le llama intervalo de selección.

Evidentemente se cumple la siguiente expresión:

$$i+(n-1)k \leq nk = N$$

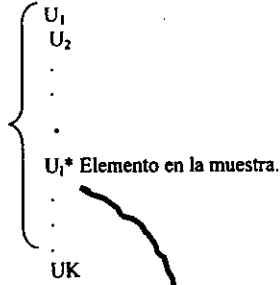
La conveniencia de este método está en que la selección del primer número de la muestra determina automáticamente toda la muestra.

Gráficamente, el método se puede observar como sigue:

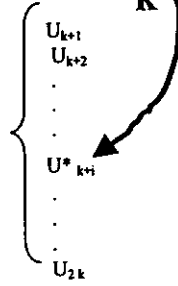
Subgrupos

Unidades

1

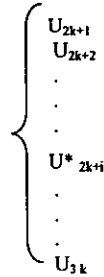


2

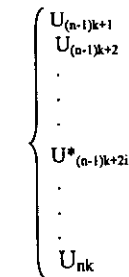


K intervalo de selección

3



n



Puesto que el primer número se selecciona al azar entre 1 y k , cada unidad recibe la misma probabilidad $\frac{1}{k}$ de selección.

Observación:

Una muestra sistemática de n unidades equivale a una muestra de un grupo o conglomerado de unidades, seleccionada de k conglomerados de n unidades cada uno (ver el siguiente diagrama), ya que cada unidad U_i en la población pertenece solo a un conglomerado. La probabilidad de seleccionar un conglomerado es $\frac{1}{k}$ y es por lo tanto la probabilidad con la que se selecciona cualquier miembro del conglomerado en la muestra, es decir, la probabilidad de selección de un elemento poblacional cualquiera será igual a la de que resulte elegido el conglomerado que lo contiene, esto es, $\frac{1}{k} = \frac{n}{N}$ y es la misma que en el muestreo aleatorio simple, esto comprueba que el muestreo sistemático es un procedimiento de muestreo probabilístico.

Conglomerado	Composición del conglomerado
1	$U_1, U_{k+1}, \dots, U_{(n-1)k+1}$
⋮	
⋮	
i	$U_i, U_{k+i}, \dots, U_{(n-1)k+i}$
⋮	
⋮	
k	$U_k, U_{2k}, \dots, U_{nk}$

El muestreo sistemático es una herramienta delicada que puede ser igual, mejor o peor que el muestreo aleatorio simple.

- IGUAL:** En el caso que la población está en orden aleatorio en lo que respecta a los valores de Y_i , el muestreo aleatorio sistemático es equivalente al muestreo simple y por lo tanto se usan las mismas expresiones para estimar la media \bar{y} o el total de la población cuando se utiliza un muestreo aleatorio simple.
- MEJOR:** Cuando la población está ordenada con relación a los valores Y_i con tendencia a cambiar paulatinamente dichos valores (tendencia creciente o decreciente), el muestreo sistemático produce varianzas de los estimadores menores que el método del muestreo aleatorio simple.

PEOR: Si la población tiene un orden que se refleja en cambios periódicos de los valores Y_i , y que coinciden con el intervalo de selección k , el muestreo sistemático produce varianzas mayores.

Cuando se utiliza el muestreo sistemático en poblaciones que no tienen un orden aleatorio no existen expresiones válidas para estimadores y varianzas de estimadores. Sin embargo, cuando el sistemático resulta mejor que el muestreo aleatorio simple se pueden usar las expresiones de este último como una aproximación y se sabe que en realidad las varianzas serán menores.

En el muestreo sistemático generalmente se supone una ordenación lineal, asimilable a una lista de los elementos de la población, sin embargo se han establecido métodos de muestreo sistemático sin prescindir de la bidimensionalidad del espacio que se considere.

Existen principalmente dos tipos de muestra sistemática bidimensional:

a) **La muestra alineada o "red cuadrada"** (es la extensión más simple de la muestra unidimensional en el muestreo sistemático).

b) **La muestra desalineada**

Nota 1 En la selección de las unidades de la segunda etapa de la investigación presentada en esta tesis, se utilizó el muestras alineada con una pequeña variante, ya que en una de las columnas seleccionábamos 4 elementos y en las otras dos columnas solamente tres elementos.

Nota 2 Se ha estudiado en que casos la "red cuadrada" es mejor que el muestreo simple al azar y también se ha comparado con la muestra desalineada (ver Cochran pag 241 y Sukhatme & Sukhatme pag 354).

Selección en el muestreo sistemático en dos dimensiones:

Supongamos que las unidades en la población están arregladas en la forma de **ml** renglones que contiene cada una de ellos **nk** unidades.

Supongamos que queremos seleccionar una muestra de **mn** unidades entonces:

Para la muestra alineada

Seleccionamos dos números (i, j) , tal que:

$$i \leq l \text{ \& } j \leq k$$

Los cuales determinan la posición de la primera unidad, a saber, la j -ésima unidad en el i -ésimo renglón, de aquí seleccionamos de manera sistemática.

Renglones en la muestra $i, i+\ell, i+2\ell, \dots, i+(n-1)\ell$
 Columnas en la muestra $j, j+k, j+2k, \dots, j+(n-1)k$

Los puntos en los cuales los m renglones seleccionados y las n columnas seleccionadas se intersectan determinan completamente la posición de las mn unidades seleccionadas en la muestra.

Ejemplo:

Supongamos que tenemos $ml = 9$ renglones, con $nk = 12$ unidades cada uno de ellos.

Queremos seleccionar una muestra de $mn = 9$ unidades, entonces en este caso $m = 3$ y $n = 3$.

Supongamos que:

$$l = 2 \leq 3 = \ell, \text{ ya que } \ell = \frac{9}{3} = 3$$

&

$$k = 2 \leq 4 = k, \text{ ya que } k = \frac{12}{3} = 4$$

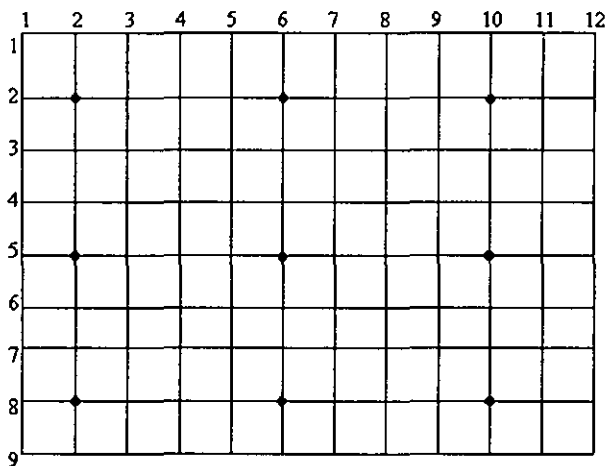
entonces los renglones seleccionados son:

2, 5 y 8

y las columnas seleccionadas son:

2, 6 y 10

De tal manera que la muestra queda distribuida como se muestra en la figura



Para la muestra desalineada

Seleccionamos de manera independiente, n enteros aleatorios i_1, i_2, \dots, i_n cada uno menor o igual a ℓ y m enteros aleatorios j_1, j_2, \dots, j_m cada uno menor o igual a k .

Entonces las unidades seleccionadas para la muestra tienen las siguientes coordenadas.

$$(i_1 + r\ell, j_{r+1}), (i_2 + r\ell, j_{r+1} + k), (i_3 + r\ell, j_{r+1} + 2k), \dots, (i_n + r\ell, j_{r+1} + (n-1)k), \quad r = 0, 1, 2, \dots, (m-1)$$

ejemplo:

Supongamos que:

$$i_1 = 2; \quad i_1 \leq \ell$$

$$i_2 = 3; \quad i_2 \leq \ell$$

$$i_3 = 1; \quad i_1 \leq \ell$$

•

$$j_1 = 2; \quad j_1 \leq k$$

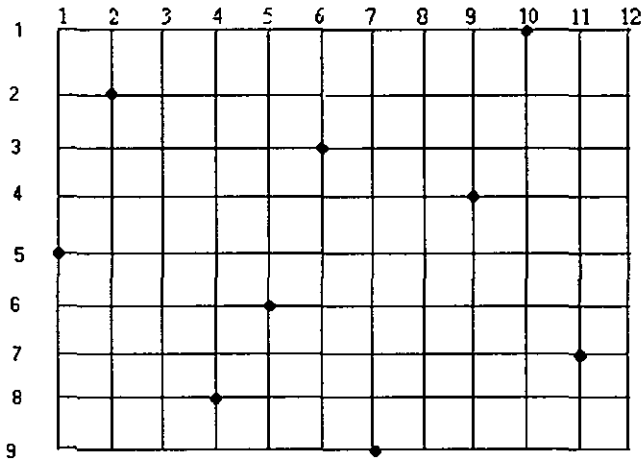
$$j_2 = 3; \quad j_2 \leq k$$

$$j_3 = 1; \quad j_1 \leq k$$

Entonces, las unidades seleccionadas en la muestra se presentan en el siguiente cuadro

	i_1	i_2	i_3
$r = 0$	(i_1, j_1)	$(i_2, j_1 + k)$	$(i_3, j_1 + 2k)$
$r = 1$	$(i_1 + \ell, j_2)$	$(i_2 + \ell, j_2 + k)$	$(i_3 + \ell, j_2 + 2k)$
$r = 2$	$(i_1 + 2\ell, j_3)$	$(i_2 + 2\ell, j_3 + k)$	$(i_3 + 2\ell, j_3 + 2k)$

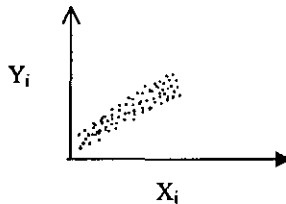
De donde, la muestra queda distribuida como se muestra en la figura:



C.- Estimadores de razón

Generalmente se obtienen estimaciones basadas en medias aritméticas simples de los valores observados de la muestra, sin embargo, si se tiene conocimiento *a priori* que la razón de una variable (Y) entre otra (X) es bastante estable en toda la población (es decir, que tenga menor variabilidad que la misma (Y)), se puede usar este conocimiento para construir mejores estimadores.

Para usar el estimador de razón es fundamental considerar que Y_i es proporcional a X_i , es decir, que la relación entre esas dos variables sea como se muestra en la figura:



Aproximadamente $Y_i = R X_i$

Si no hay proporcionalidad entre Y_i & X_i el estimador de razón no es adecuado, ya que es precisamente la proporcionalidad entre X_i & Y_i la que se requiere para el buen uso de los estimadores de razón.

En la población $P_0 \{U_1, \dots, U_N\}$ se determinan dos mediciones para cada unidad, $y(U_i) = Y_i$ & $X(U_i) = X_i$, además de los valores de X_i se conocen. En este caso, los valores de X_i forman parte del marco. Se supone que existe el valor desconocido.

$$R = \frac{\frac{N}{\sum Y_i}}{\frac{N}{\sum X_i}} = \frac{X}{Y} = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}$$

En la práctica, X_i es a menudo el valor de Y_i en una ocasión anterior en que se hizo un censo completo.

Un estimador de Y, con base en una muestra donde se determinan valores $\{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_2)\}$ es

$$\hat{Y}_R = X \frac{\frac{N}{\sum Y_i}}{\frac{N}{\sum X_i}} = X \frac{X}{Y} = X \frac{\bar{Y}}{\bar{X}} = X \hat{R}$$

y es llamado **el estimador de razón de Y**, el total de la población de las Y_i , donde y , x son los totales de Y_i y X_i en la muestra respectivamente.

Si X_i es el valor de Y_i en una ocasión previa, el método de la razón hace uso de la muestra para estimar el cambio relativo $\frac{X}{Y}$ que ha ocurrido desde ese tiempo.

El cambio relativo estimado y/x se multiplica por el total conocido por la población X en la ocasión anterior para tener una estimación del total de la población actual. Si la razón Y_i/X_i es casi la misma en todas las unidades de muestreo, los valores de y/x varía poco de una muestra a la otra y el estimador de la razón es de gran precisión.

Si la cantidad a estimar es \bar{Y} el valor medio de Y_i en la población, el estimador de la razón es:

$$\hat{Y}_R = \frac{\hat{Y}}{N} = \frac{x}{y} \bar{X}$$

Hay ocasiones en donde las x_i no se conocen y sin embargo se quiere estimar R , entonces se usa.

$$\bar{R} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{x}{y}$$

Este último estimador es sesgado, es decir, $E(\bar{R}) \neq R$ entonces:

$$E(\hat{R}) = R + \text{sesgo del estimador de razón}$$

$$E(\hat{R}) = R + B(\hat{R})$$

Entonces:

$$B(\hat{R}) = E(\hat{R}) - R$$

Donde:

$$B(\hat{R}) = -E(\bar{x})^{-1} \text{Cov}(\hat{R}, \bar{x}) \dots\dots\dots(1)$$

Hay que notar que si $\text{Cov}(\hat{R}, \bar{x}) = 0$, entonces $B(\hat{R}) = 0$ y \hat{R} es por lo tanto insesgado.

Para demostrar que \hat{R} es sesgado y que tiene un sesgo dado por la expresión (1), hay que demostrar que:

$$E(\hat{R}) = R - E(\bar{x})^{-1} \text{Cov}(\hat{R}, \bar{x})$$

Demostración:

$$\begin{aligned} R - E(\bar{x})^{-1} \text{Cov}(\hat{R}, \bar{x}) &= \frac{\bar{Y}}{\bar{X}} - \frac{1}{\bar{X}} \text{Cov}\left(\hat{R}, \bar{x}\right) \\ &= \frac{1}{\bar{X}} \left[E(\bar{y}) - \text{Cov}\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}, \bar{x}\right) \right] \\ &= \frac{1}{\bar{X}} \left[E(\bar{y}) - \left\{ E\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) \bar{x} - E\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) E(\bar{x}) \right\} \right] \\ &= \frac{1}{\bar{X}} \left[E(\bar{y}) - E(\bar{y}) + E(\hat{R}) E(\bar{x}) \right] \\ &= \frac{E(\hat{R}) E(\bar{x})}{E(\bar{x})} \end{aligned}$$

$$R - E(\bar{x})^{-1} \text{Cov}(\hat{R}, \bar{x}) = E(\hat{R})$$

$$E(\hat{R}) = R - E(\bar{x})^{-1} \text{Cov}(\hat{R}, \bar{x})$$

BIBLIOGRAFÍA

Agriculture Handbook, No 165.1960. United States Department of Agriculture.

Agrios, G N. Fitopatología. Editorial. Limusa. México, D.F. 1991. pp. 756

Alvarado y S., L. 1978. Fisiología y Bioquímica del desarrollo del fruto del nopal tunero *Opuntia amyclaea* Tenore. Tesis Maestría. Colegio de postgraduados. Chapingo, México

Anón. 1975. Programa Nacional de Tuna y Nopal. Departamento. de Estudios Económicos. Comisión Nacional de Fruticultura S.A.G.México.

Anónimo. 1962. Informe de actividades del Programa Nopal-CIESTAAM octubre 1991-julio 1995. Chapingo, México.

Aragón, S. Nidia y Tafolla, R. Catarina. 1978. Etiología de la enfermedad del "oro" en nopal: Memoria del Simposium "La Investigación y el Desarrollo Experimental en CONAFRUT, durante 1977" 1: 319-325.

Barnett, H: L: and Hunter B. B.. 1972. Ilustred Genera of Imperfecy Fungi. (3ª ed) Minneapolis, Minnesota; Burgess Publishing Co. 241pp.

Barrientos Facundo y Bravo Herrera Oscar. 1964. Multiplicación Vegetativa del nopal a partir de fracciones mínimas de una planta. E. N. A.

Bautista, C R. 1982. Los Agrosistemas Nopalers del Valle de México. Tesis Profesional. Universidad de Chapingo. México

Bawer, de la I Ma. De la L. 1977. Apuntes de principios de Fitopatología. Curso de Maestría. Colegio de Postgraduados - Chapingo.

Blanco, M G. 1959. El nopal como forraje para el ganado en zonas áridas. Boletín del Banco Nacional Com. Exterior. S.A. México. p. 4-16

Boke, N.A. Development morphology and anatomy of cactaceae. Biosciencie 1980. 30:605-610

Bravo, H.H. 1978. Las Cactáceas de México. (2ª ed) vol 1 Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México D F 743 pp.

Briton, N.L., y J. N. Rose. 1963. The Cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Volumen I Dover. Publicación, Inc. New York, USA.

Buxbaun, F. 1953. Morphology of cacti. Abbe y Garden Press, Pasadena California, U.S.A.

Canales C. R. 1983. Etiología, evaluación de daños y control de la pudrición negra del nopal (*Opuntia ficus indica* L.) en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. 90 p

Colunga García-Marín Silvia Patricia. 1984. Variación Morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia spp.* En el Bajío Guanajuatense. Tesis Profesional. Universidad de Chapingo

Coronado P Ricardo. 1939. Estudios sobre las plagas del nopal con especial referencia a *Lanifera cyclades* Druc.. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

Echandi, E. 1971. Manual de Lab. Para Fitopatología General. Editorial Herrero Hermanos. D.F.

Figueroa, H.F. 1984. Estudio de las nopaleras cultivadas y silvestres sujetas a recolección para el mercado en el Altiplano potosino-zacatecano. Tesis profesional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. Méx. 171 p

Fitofilo No. 71 (1976) Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México

Flores Díaz, A. 1974. Los suelos de la República Mexicana: El escenario geográfico, Instituto Nacional de Antropología. México, D.F.

Fr. W. Kremer y G. Unterstenhorfer. Valoración de Resultados de ensayo fitosanitario según el método de Townsend y Heuberger. Instituto de Biológico de Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen

Fucikovsky, L. and Jaimes, J.F. 1981. Bacterial diseases of agave and cactus in México. Proceeding 5th. International. Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Cali. Colombia. 27-34.

García A., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3a.edición. Instituto de Geografía. UNAM, México. D F. 252

García Mayoral Tito. 1965. Principales plagas del nopal en el Valle de México. Fitofilo, Boletín Trimestral de la Secretaria de Agricultura y Ganadería. Dirección Gral. de Sanidad Vegetal. México. No. 47.

García, A.M. 1979. Patología vegetal práctica. De. Limusa, México. 256 p

García, E. 1968. Clima de Teotihuacán.: Lorenzo, J.L. (ed) Materiales para la Arqueología de Teotihuacán. Investigaciones No. 17 INAH. México, D.F.

García, E.R. 1967. Estudio sobre posibles enfermedades virosas del nopal. Gen. *Opuntia*. Tesis profesional Facultad de Ciencias. UNAM. México 33 p.

González, C.M. 1975. Observaciones y trabajos en las zonas áridas en México. Instituto, Mexicano de Recursos. Naturales.

Index of fungi. 1950-1981. Commonwealth Mycol. Inst. , Kew, England.

Lozano, G.M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal (*Opuntia sp*) Tesis Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Universidad de Coahuila.

Maldonado A., J. L. y M. Zapién B. 1977. El nopal en México. Ciencia Forestal. 2: 36 – 53:

Martín del Campo, R. 1957. Las Cactáceas entre los mexicas. Cactáceas y Suculentas de México 2(2): 27-38.

Miranda, F. y E. Fernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, No. 28. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. 179 p

Moreno, G.J. 1962. Datos sobre nopales tuneros (*Opuntia spp.*) e introducción al estado de Nuevo León. Tesis. Escuela de Agricultura. y Ganadería. Instituto Tecnológico de Monterrey. Nuevo León. I T E N M. México.

Palomo, D. R. 1962. Datos sobre nopales utilizados como forraje en el noroeste de México. Escuela de Agricultura y Ganadería Instituto Tecnológico de Monterrey. Nuevo León.

Pimienta Barrios Eulogio. 1974. Estudio de las causas que producen engrosamiento de cladodios en el nopal. (*Opuntia sp.*) En la Zona de Chapingo.

Rebolledo, V.J.D. 1985. Estudio comparativo del desarrollo en invernadero de tres especies de nopal (*Opuntia spp.*) en diferentes condiciones de suelo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. 131 p

Rojas, M P. 1961. Aprovechemos las zonas áridas cultiva nopal tunero. Agronomía No. 79. I. T. E. S. M. México.

Rzedowski, J. Y Rzedowski, G. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. I. CECSA. México, D.F.

Sosa y Acosta, 1966. Poliploidía en *Opuntia spp.* Agrocienza 1: 100-106.

Sosa, Chávez Ruben. 1964. Microesporogénesis. Importancia Económica y Distribución de 3 especies del genero *Opuntia*.

Velázquez, C. R. 1962. Aspectos ecológicos distribución y abundancia de *Opuntia streptacantha* y *O. leucotricha* en la región árida de Zacatecas y San Luis Potosí. Tesis Profesional. ENA, Chapingo, Méx. 89 p.

Villarreal y Domínguez, Ricardo Germán. El método de muestreo por áreas en la investigación agrícola. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1970. 74p.

Villarreal, F: 1964. Estudio químico sobre jugo de tuna enlatada. Ciencia: 23: 75-82

Wolfer, 1975 Hidrología del Valle de México.: Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. Tomo I. Talleres Gráficos de la Nación. México, D.F.