

00361
8
20j.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias
División de Estudios de Posgrado

EL CULTIVO DE LA VAINILLA EN LA REPUBLICA MEXICANA: SU SITUACION ACTUAL Y SU FUTURO

Una recopilación didáctica basada en metodologías novedosas aplicadas al diagnóstico analítico-sintético de la viabilidad del agro para Vanilla planifolia Andrews.

T E S I S

Que para obtener el título de:

MAESTRO EN CIENCIAS
(B I O L O G I A)

P r e s e n t a :

MARCOS GORDILLO GOTTDIENER

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1985-1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PLAN DE EXPOSICIÓNÍNDICE

EL CULTIVO DE LA VAINILLA EN LA REPÚBLICA MEXICANA; SU SITUACIÓN ACTUAL Y SU FUTURO (Título; presentación)	I
CITA (Albert Schweitzer)	II
DEDICATORIA	III
PROLOGO	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VIII
RÉSUMÉ	X
PLAN DE EXPOSICIÓN/ ÍNDICE (General)	XII-
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
<u>Vanilla planifolia</u> Andrews (ilustración)	4
CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN	5
<u>Vanilla planifolia</u> Andrews (descripción)	6
SINONIMIA Y NOMBRES COMUNES	8
CITA (Crónica Mexicayotl)	10
CAPÍTULO PRIMERO/ LA HISTORIA DE LA VAINILLA (Relación y cronológico; hechos botánicos y económicos relevantes)	11
VAINILLA BENEFICIADA (Tablas Estadísticas).....	45
CLASIFICACION DE LA CALIDAD ANUAL DE LOS RENDIMIENTOS DE VAINILLA MEXICANA BENEFICIADA	50
CRITERIOS JERÁRQUICOS	50
DATOS TÉCNICOS DE LAS JERARQUÍAS DE RENDIMIENTO ANUAL.	50
MUY BUENOS	50
BUENOS	51
REGULARES	51
PROMEDIOS	51
BAJOS	52
MUY BAJOS	52
PÉSIMOS	53
PRODUCCIÓN NACIONAL PROMEDIO CALCULADA DE VAINILLA BENEFICIADA EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE COSECHADA DURANTE 58 AÑOS DE CULTIVO (Proyección Estadística tabular con dos criterios; empírico y científico)	54
GRÁFICAS	55
SUPERFICIE COSECHADA NACIONAL	55
PRODUCCIÓN DE VAINILLA BENEFICIADA	55
EXPORTACIÓN	56
IMPORTACIÓN	56
RENDIMIENTOS Y SU CLASIFICACIÓN DURANTE 58 AÑOS	57
VOLUMEN FÍSICO	57

CAPÍTULO SEGUNDO/ AGRICULTURA DE LA VAINILLA (CITA: Lewis Mumford).	58
PROPAGACIÓN	64
SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA MICORRIZA DE ORQUIDEA MOSTRANDO LA PENETRACION FUNGICA Y LA DIGESTIÓN INTRACELULAR	73
CAPÍTULO TERCERO/ ÁRBOLES TUTORES Y PROTECTORES DE LA VAINILLA (Descripciones en orden alfabético/CITA: Antonio Mediz Bolio)	80
CAPÍTULO CUARTO/ PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LA VAINILLA (Descripciones bibliográficas en orden alfabético/CITA: Flaco Quinto Horacio)	99
PLAGAS	100
ENFERMEDADES	106
CAPÍTULO QUINTO/ FLORACIÓN Y POLINIZACIÓN (Síntesis/CITA: Johann Wolfgang Von Goethe)	113
<u>Vanilla planifolia</u> Andrews (inflorescencia)	116
CAPÍTULO SEXTO/ FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA (Síntesis/CITA: William Shakespeare)	130
DERIVADOS Y PRODUCTOS QUÍMICOS DEL FRUTO DE LA VAINILLA Y SUS USOS CONOCIDOS (Relación bibliográfica)	139
PÁLSAMO DE VAINILLA	139
EXTRACTOS Y OLEORRESINAS	139
TINTURA DE VAINILLA	139
VAINILLINA	139
GLUCÓSIDOS	140
ÁCIDOS	140
RESINAS	140
POLIFENOLES	140
AZÚCARES	140
OTRAS SUSTANCIAS	140
CAPÍTULO SEPTIMO/ EL SUELO (Analítico-sintético/ CITA: A. Demolon & S. Hénin)	141
FERTILIZACIÓN Y ABONAMIENTO	148
LOS NUTRIMENTOS DEL SUELO.....	164
MODELO GRÁFICO PARA VALORES ÓPTIMOS DE NUTRIMENTOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS VAINILLEROS	169
CAPÍTULO OCTAVO/ CLIMATOLOGÍA APLICADA A LA ECOLOGÍA DE LA VAINILLA (Analítico-Sintético; aplicación)	178
ASPECTOS BÁSICOS (introducción)	178
CLIMATOLOGÍA DE LA VAINILLA (<u>Vanilla planifolia</u> Andrews/Criterios y métodos de diagnóstico convencionales y analítico-sintéticos con ejemplos, conclusiones y resultados basados en registros me- teorológicos reales; síntesis)	183

SISTEMA SIMPLIFICADO DE VIENTOS Y CORRIENTES MARINAS DE LA REPUBLICA MALAGACHE (Mapa)	188
SISTEMA SIMPLIFICADO DE VIENTOS Y CORRIENTES MARINAS DE LA ZONA VAINILLERA MEXICANA (Mapa)	190
DEFINICIÓN DEL CLIMA DE LA VAINILLA (Bibliográfica)	194
SITUACIÓN GEOGRAFICA	194
ALTITUD	194
CLIMA	194
TEMPERATURA	195
PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD	195
ILUMINACIÓN	196
MENCION. DE MODIFICACIONES DEL CLIMA	196
ACERCA DEL MANEJO DE DATOS Y USO DE CLASIFICACIONES	197
ESTACIONES METEOROLOGICAS SOMETIDAS A ANÁLISIS	197
ANTALAHA	
HELL-VILLE	
MAROANTSETRA	
MAHANORO	
PAPANTLA	
MARTÍNEZ DE LA TORRE	
TECOLUTLA	
MISANTLA	
PUENTE HENRÍQUEZ	
APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN (1936) Y DE KÖPPEN MODIFICADO POR E. GARCIA (1964) PARA LA REPÚBLICA MEXICANA	199
REPÚBLICA MALAGACHE	199
REPÚBLICA MEXICANA	200
TABLA DE DATOS	203
(Por razones metodológicas las conclusiones a éstos sistemas se dan más adelante; véase la pág. 281)	
APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE C. WARREN THORNTHWAITE DE 1931 Y DE 1948	204
REPÚBLICA MALAGACHE	204
REPÚBLICA MEXICANA	205
EXPLICACIONES, NOTAS Y CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE C. WARREN THORNTHWAITE	207
GRÁFICAS DE BALANCE HÍDRICO-OMBROTERMOGRAMA	215
ANTALAHA	215
HELL-VILLE	216
MAROANTSETRA	217
MAHANORO	218
PAPANTLA	219
MARTÍNEZ DE LA TORRE	220
TECOLUTLA	221
MISANTLA	222
PUENTE HENRÍQUEZ	223

TABLA DE DATOS	224
TABLA DE DATOS COMPLEMENTARIOS	225
APLICACIÓN DEL MÉTODO AGROCLIMÁTICO DE ARMANDO L. DE FINA, 1950	226
NOTACIÓN DEL SISTEMA	226
TABLA DE DATOS	227
REPÚBLICA MALAGACHE	228
REPÚBLICA MEXICANA	228
EXPLICACIÓN, NOTAS Y CONCLUSIONES AL MÉTODO DE FINA APLICADO A LA AGRICULTURA Y A LA VAINILLA	228
VALORES ÓPTIMOS PARA LA VAINILLA DE LOS PARÁMETROS QUE MANEJA DE FINA EN SU MÉTODO, EMPLEÁNDOLO A LA INVERSA ..	230
APLICACIÓN DE LOS INDICES DE CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA TERMOPLUVIOMETRICA DE R. LANG (1920) Y DE EMMANUEL DE MARTONNE (1940)	231
REPÚBLICA MALAGACHE	231
REPÚBLICA MEXICANA	232
EXPLICACIONES, NOTAS Y CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE LANG Y DE MARTONNE	232
APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES BIOEDAFOLIMÁTICOS (LITERALES Y/O MODIFICADOS) DE JUAN PAPADAKIS (1980, 1980')	234
LIXIVIACIÓN, LAVADO ó LLUVIA DE LAVADO	234
CRECIMIENTO VEGETAL	234
BALANCE HÍDRICO	234
HUMOLÍTICO	235
HUMOGÉNICO	236
DE ALTERACIÓN ALÍTICA (hidrotérmica)	236
DE RUBEFACCIÓN	236
DE SEQUÍA	236
DE PODZOLIZACIÓN	237
DIAGRAMAS DE BARRAS DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS	238
APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA HIDROTÉRMICA NATURAL DE JUAN PAPADAKIS (1952, 1980)	239
SISTEMA ANTIGUO DE LA GEOGRAFÍA AGRÍCOLA MUNDIAL (1960') ANTALAHÁ	239
NOSSY-BE	240
SISTEMA NUEVO (1980) CLIMAS MENSUALES Y ANUALES HIDROTÉRMICOS	240
FÓRMULAS CLIMÁTICAS CORTA (anual) Y LARGA (mensual) .	241
ANTALAHÁ	
PAPANTLA	
MARTÍNEZ DE LA TORRE	
MISANTLA	
PUENTE HENRÍQUEZ	
ELEMENTOS DE LA CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA DE JUAN PAPADAKIS (1980)	242
CLIMOGRAMA DE PAPADAKIS PARA TRES LOCALIDADES VAINILLERAS	243
ULIMATOGRAMAS GRÁFICOS (aportación)	244

HIPÓTESIS CLIMATOLÓGICAS SOBRE LA DESECACIÓN DE LA ZONA VAINILLERA	289
NOTA FINAL	292
DIAGRAMAS SINTÉTICOS DE LA TESIS Y MATERIALES COMPLEMENTARIOS (esquemas metodológicos y de trabajo; aportación)	293
SISTEMA NORMALIZADO PARA LA VALORACION DE LOS SUELOS VAINILLEROS (nutrientes del suelo y aspectos físico-químicos, ampliación del diagrama de la pág. 169; 18 variables)	293
TABULADOR DE LOS DATOS DE 14 SUELOS VAINILLEROS (31 criterios a partir de los datos originales de Hernández, 1981)	295
CORTE ECOLÓGICO DEL MERIDIANO 97° W. EN DIRECCIÓN SUR-NORTE, DESDE LA COTA DE 600 msnm HASTA LA COSTA, Escala 1:250,000 (24 enfoques cartográficos simultáneos; aportación)	296
CORTE ECOLÓGICO DEL PARALELO 20° N. EN DIRECCIÓN OESTE-ESTE, DESDE LA COTA DE 600 msnm EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA, HASTA LA BARRA DE VEGA DE ALATORRE EN EL GOLFO DE MÉXICO, Escala 1:250,000 (perpendicular al anterior; ambos representativos de la zona vainillera mexicana) .	297
ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA, MÁXIMA Y MÍNIMA DE TRES ESTACIONES REPRESENTATIVAS DE LA ZONA VAINILLERA MEXICANA	298
VARIABILIDAD MENSUAL ENTRE LOS PROMEDIOS DE MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE LAS ESTACIONES REPRESENTATIVAS	299
OMBROTERMOGRAMA COMPARATIVO GENERAL/ GRÁFICO COMPARATIVO DE REGISTROS TÉRMICOS PONDERADOS (ciclos anuales de estaciones representativas y valores medios de todas las estudiadas; aportación)	300
ESTANDARD DE DÍAS CON LLUVIA, NUEVEDAD Y ROCÍO PROMEDIO REPRESENTATIVO DE LA ZONA VAINILLERA MEXICANA	301
PAPANTLA DE OLARTE; BALANCE HÍDRICO-OMBROTERMOGRAMA-CICLO DE VIDA, PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE <u>Vanilla planifolia</u> Andrews (1929-1960) (gráfica como ejemplo; aportación)	302
FUENTES DOCUMENTALES Y LITERARIAS DEL TEXTO (bancos de datos, catálogos, revistas, enciclopedias, manuales, atlas, mapas, libros y obras afines en orden alfabético por autor .	303

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 — Ilustración de <u>Vanilla planifolia</u> Andr.	4
2 — Estadísticas de vainilla beneficiada en México 1925-1982 (cuadro sinóptico)	45
3 — Superficie cosechada vs. Producción (proyección estadística)	54
4 — Superficie cosechada nacional 1925-1983 (gráfica)	55
5 — Producción de vainilla beneficiada 1925-1983 (gráfica)	55
6 — Exportación 1925-1983 (gráfica)	56
7 — Importación 1925-1983 (gráfica)	56
8 — Rendimientos y su clasificación durante 58 años 1925-1983 (gráfica)	57
9 — Volumen físico Mill. \$/80 (gráfica)	57
10 — Sección transversal de una micorriza de orquídea	73
11 — Lixiviación de nutrientes en las hojas del bosque tropical .	76
12 — Inflorescencia de <u>Vanilla planifolia</u> Andr.	116
13 — Años de plantación vs. producción en vainas y en porciento .	134
14 — Valoración granulométrica de 14 suelos vainilleros	143
15 — Diagrama textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) aplicado a límites y valores ideales para los suelos vainilleros	144
16 — Contenidos en minerales de partes de la planta de vainilla .	149
17 — Modelo gráfico para valores óptimos de nutrientes y carác- terísticas físicas de los suelos vainilleros (véase también la figura 59)	169
18 — Sistema simplificado de vientos y corrientes marinas de la República Malagache (mapa)	188
19 — Sistema simplificado de vientos y corrientes marinas de la zona vainillera mexicana (mapa)	190
20 — Tabla de datos de la aplicación del Sistema de Köppen	203
21 —	215
22 —	216
23 — Gráficas de	217
24 — Balance Hídrico-Ombrotermograma	218
25 — y escurrimiento,	219
26 — del Sistema de	220
27 — Thornthwaite (1948)	221
28 —	222
29 —	223
30 — Tabla de datos de la aplicación del Sistema de Thornthwaite de 1948	224
31 — Tabla de datos complementarios del Sistema de Thornthwaite .	225
32 — Notación del Sistema climático de Armando L. De Fina	226
33 — Categorías térmicas	226
34 — Categorías pluviales	226

Figura		Página
35	Tabla de datos de la aplicación del Sistema de De Fina	227
36	Valores óptimos para la vainilla con el método de De Fina aplicado a la inversa	230
37	Diagramas de Barras de la aplicación de los Índices del Método climático de Juan Papadakis (1980)	238
38	Elementos de la Clasificación climatológica de Juan Papadakis (1980)	242
39	Climograma de Papadakis para tres localidades vainilleras ..	243
40	Climatogramas gráficos {	244
41		244
42		244
43		244
44		244
45	Tabla de datos de la aplicación del Sistema de Papadakis (1980)	250
46	Precipitación total anual y pérdidas de precipitación de las estaciones vainilleras (diagrama de barras)	253
47	Pérdidas totales de precipitación en el decenio 1960-1970 en % para la Zona Norte de Puebla y Veracruz (mapa)	255
48	Misantla, Ver. Gráfica de precipitación total anual, moda y media acumuladas	260
49	Misantla, Ver. Gráfica del Coeficiente de variación de la precipitación total anual	260
50	Climatogramas de Antelaha, Hell-Ville, Mahanoro y Maroantsetra	278
51	Climatogramas de Papantla, Tecolutla y Gutiérrez Zamora	278
52	Comparación de climatogramas de Papantla	279
53	Climatogramas de Martínez de la Torre, Misantla y Puente Henriques	279
54	Espectro Climatodiagramático de <u>Vanilla planifolia</u> Andr. ...	280
55	Carta de Climas: Sría. de la Presidencia (1970)	282
56	Carta de Climas D.G.S.T.N.A.L. (1981)	283
57	Teoría de la Selección r' y K' aplicada a algunos parámetros climatológicos	285
58	Espectro climatológico de la vainilla en el Sistema de Köppen mod. por E. García (1973)	286
59	Sistema normalizado para la valoración de los suelos vainilleros	293
60	Tabulador de los datos de 14 suelos vainilleros	295
61	Corte ecológico del meridiano 97° W.	296
62	Corte ecológico del paralelo 20° N.	297
63	Variabilidad mensual entre los promedios de máximas y mínimas de las estaciones representativas	299
64	Ombrotermograma comparativo general	300
65	Gráfico comparativo de registros térmicos ponderados	300
66	Standard de días con lluvia, nubosidad y rocío	301
67	Papantla de Olarte: Balance Hídrico-Ombrotermograma-Ciclo de vida, para el manejo del Cultivo de <u>Vanilla planifolia</u> (1929-1960)	302

RESUMEN

El cultivo de la vainilla en México es tradición, leyenda que se remonta a los orígenes mismos del establecimiento del hombre en la Meseta del Anáhuac..... "La fertilidad humana convertida por medio de la intervención de los dioses prehispánicos, en el simbólico aroma de un fruto de orquídea trepadora metafóricamente interpretado como flor"..... y cuyo encanto, apreciado y codiciado por las potencias coloniales, originó retos económicos, piratería y estudios científicos con motivos de apropiación, que aún hoy que la química moderna lo ha sintetizado artificialmente, justifican su estudio por las grandes lecciones que emanan de él.

En la medida en que las fuentes históricas lo permiten, compendiamos cronológicamente la historia documental, científica y tradicional de este cultivo, desde el México precolombino hasta la actualidad, incluyendo resultados de análisis y observaciones económicas de aspectos biológicos, tecnológicos y productivos básicos para su comprensión integral. Enseguida, describimos con todo detalle la agricultura y propagación de la planta, especificando en qué condiciones, y cómo se han establecido y establecen plantaciones comerciales, los árboles tutores y protectores que se utilizan y las plagas y enfermedades que se pueden presentar, así como sus orígenes y su control, para posteriormente aclarar los mecanismos específicos mediante los cuales se presentan y manejan, la floración y la polinización natural y artificial para obtener una buena fructificación, explicando manipulaciones ecológicas o labores agrícolas básicas, que conducen a una cosecha en la que se pueda buscar calidad o cantidad. Enfoque que predomina a lo largo de todo el trabajo.

En adelante, se describe biológica, física y químicamente lo que es un suelo vainillero y cómo se mantiene constante su fertilidad por medio de fertilizantes químicos y abonos orgánicos, anotando cómo se producen y qué procesos intervienen en la fabricación de estos últimos. Para

tales fines, son analizados los macro y micronutrientes -uno por uno- y comparados en escalas gráficas con estándares tipo. Por último, se realiza un análisis histórico-sintético del clima que las plantaciones requieren para ser productivas, primero sintetizando la información documental ya existente, y después, comparando entre sí localidades clave típicas de las zonas vainilleras más importantes del mundo (México y Madagascar), mediante la aplicación y cálculo precisos de los sistemas de clasificación climática -antiguos y modernos- de Köppen, Thornthwaite, De Fina, Lang, De Martonne, y Papadakis, que posteriormente son sometidos entre sí a un análisis de contradicción y evaluación de su fidelidad descriptiva con respecto a las zonas vainilleras, al que se añaden índices, gráficas y aspectos como la variabilidad interanual de la precipitación por medio de la distribución gamma, el coeficiente de variación de la precipitación, y otros parámetros nuevos, evaluados con técnicas estadísticas finas, que nos permiten desmitificar buena parte de lo que se ha dicho acerca de este cultivo y concluir, por un lado, que el clima típico de la zona vainillera mexicana se está modificando en forma desventajosa y abrupta, para desaparecer a corto plazo, y por otro, elaborar un diagnóstico ecológico-agrícola de cada una de las localidades estudiadas, tanto en nuestro país como en la República Malagache, donde se explica la aptitud vainillera de cada una de éstas, y las compensaciones culturales que se requieren. La tesis concluye con una serie de diagramas que sintetizan los métodos de análisis y síntesis aplicados.

ABSTRACT

Vanilla cultivation is a tradition in Mexico, a legend to go back to the same origins of man establishment in the Anahuac plateau ... "The human fertility converted by prehispanic goddess intervention in the symbolic aroma of one bean, fruit of this climbing orchid, metaphorically interpreted as a flower" ... and whose delight, esteemed and coveted by colonial potencies, originates economic challenges, piracy, and scientific studies with appropriation reasons that today, where the modern chemistry has artificially synthesized, yet justify it's study by the great lessons that originates.

According to the historic sources that permit us, we abridge chronologically the documental, scientific and traditional history of this cultivation, ever since pre-Columbian Mexico, to the present times, including analysis results and economic observations of biological, technological and productive basic aspects to it's integral comprehensiveness. Immediately, we delineate with all detail, the agriculture and propagation of the plant, specify in which conditions and how was established -and how is established- the commercial plantation, the tutor and protective trees that are in use and the plagues or pests that can be present, just as it's origins and control, to become clear the specific mechanisms by means thath they are present and can be handle; the flowers blooming and the natural and artificial pollination to obtain a good fructification, explaining ecological manipulations or basic agricultural labours, that let us to the election of a quality or quantity crop. This approach is present in all this work.

Hereon, we describe biologic, physio and chemically what the vanilla soil is and how can we maintain it's constant fertility by means of chemical fertilizers and organic manures, writtening how this are obtained and produced and which proceses intervening in the last ones manufacture. For this purpose, we analyze the macro- and micronu-

triments -one by one- and compare it in graphic scales with type standards. At least, we realize a historic-synthetic analysis that are required by the plantations to be productive, first synthesizing the existing information, and later, comparing it between type code locations of the most important vanilla regions of the world (Mexico and Madagascar) by means of the application and precise calculus of the climatic classification systems -ancient and modern- of Köppen, Thornthwaite, De Fina, Lang, De Martonne, and Papadakis, which after are subject to a contradiction analysis and to an evaluation of it's descriptive fidelity between them applied to the vanilla productive regions. We add to this, indexes, graphics, and aspects like the variability of rainfall by means of the gamma distribution, the coefficient of rainfall variation, and other new parameters, evaluated by fine statistic techniques that permit us, to dismythify a good part of the people believes about this cultivation, and conclude, by one side, that the typical climate of the mexican vanilla zone is getting modify in disadvantageous and abrupt form, to dissappear in a short-term; and by another way, to make an ecological and agricultural diagnosis of each one of the studied locations, therefore in our country like in the Malagache Republic, when we explain the aptitude of every one, to the vanilla, and the cultural compensations that are required in each. The thesis concludes with a sequence of diagrams those synthesizing the applied methods of analysis and synthesis.

RÉSUMÉ

La culture de la vanille au Mexique est une tradition, une légende qui remonte aux origines même de l'établissement de l'homme sur le plateau "Anáhuac" ... "La fertilité humaine convertie par le biais des Dieux préhispaniques, dans l'arôme symbolique d'un fruit d'orchidée grimpante métaphoriquement interprétée comme fleur"... Et dont le charme, apprécié et convoité par les puissances coloniales, fût à l'origine de défis économiques, piraterie et études scientifiques avec but d'appropriation, que même aujourd'hui la chimie moderne le ait synthétisé artificiellement justifient son étude par les grandes leçons qui émanent de cette vanille.

Dans la mesure où les sources historiques le permettent, nous résumerons chronologiquement l'histoire documentaire, scientifique et traditionnelle de cette culture, depuis le Mexique précolombien jusqu'à nos jours, en incluant les résultats des analyses et observations économiques des principaux aspects biologiques, technologiques et de production pour sa compréhension intégrale. Ensuite, nous décrirons avec toute sorte de détails la culture et la propagation de la plante en spécifiant dans quelles conditions, et comment ont été établies, et s'établissent, les plantations commerciales, les arbres tuteurs et protecteurs que l'on utilisé et les épidémies et maladies qui peuvent se présenter, de même que ses origines et son contrôle, pour ultérieurement, éclaircir les mécanismes spécifiques à travers les quels se présentent et se comportent, la floraison et la pollinisation naturelle et artificielle pour obtenir une bonne fructification, en expliquant les manipulations écologiques ou les travaux agricoles basiques, qui emmenent une récolte où l'en peut trouver qualité ou quantité. Approche qui prédomine tout au long du travail.

Ensuite, nous décrirons biologiquement, physiquement et chimiquement ce qu'est un sol à vanille et comment en maintient sa fertilité constante, à l'aide de fertilisants chimiques et composts organiques, précisant comment ils sont produits et quels procédés interviennent dans la fa

brication de ces derniers. A ces fins, seront analysées les macro et micro
 nutritives -une par une- et comparées sur des échelles graphiques à mesures
 standardisées. En fin, nous réaliserons une analyse historico-synthétique
 du climat dont les plantations ont besoin pour être productives, d'abord
 en synthétisant l'information documentaire déjà existante et ensuite, en
 comparant les localités typiques des zones à vanille clefs les plus impor-
 tantes du monde (Mexique et Madagascar) les unes avec les autres, à l'aide
 de l'application et du calcul précis des systèmes de classification clima-
 tique -anciens et modernes- de Köppen, Thornthwaite, De Fina, Lang, De Mar-
 tonne et Papadakis, qui, ultérieurement seront soumis entre eux à une ana-
 lyse de contradiction et d'évaluation de sa fidélité descriptive par rap-
 port aux zones à vanille auquel s'ajouteront des indices, des graphiques,
 et des aspects comme la variabilité interannuelle de la précipitation à tra-
 vers la distribution gamma, le coefficient de variation de la précipitation
 et d'autres nouveaux paramètres, évalués avec des techniques affinées, qui
 nous permettront de démistifier une grande partie de ce qui a été dit à pro-
 pos de cette culture et conclure, d'un côté, que le climat typique de la
 zone à vanille mexicain est en train de se modifier de façon désavantageu-
 se et abrupte pour disparaître à court terme, et d'un autre côté pour éla-
 borer un diagnostic écologico-agricole de chacune des localités étudiées,
 aussi bien dans notre pays que dans la république Malagache ou nous expli-
 querons l'aptitude de la vanille de chacune de ces zones, et les compensa-
 tions culturelles qui sont requises, la thèse se conclura avec une série
 de diagrammes qui synthétiseront les méthodes d'analyse et de synthèse
 appliquées.

INTRODUCCION

Hasta hace pocos años, México ocupaba un lugar preponderante en el mercado mundial de la vainilla; si bien no se tenían los mejores lugares en la producción en cuanto a cantidad, la calidad, en cambio, fue y ha sido siempre la mejor del mundo.

A raíz del descubrimiento de la vainillina sintética barata, en 1962 y de su producción industrial a partir de 1965 por la "Compañía Papelera de Ontario", la demanda de vainilla natural del mercado internacional se vino abajo. Aunado a ello, se produjo en México una crisis que afectó a todo el sector agrícola. Ambos problemas se combinaron y manifestaron sus efectos en la producción. Al mismo tiempo, los Estados Unidos realizaron una hábil campaña periodística de descrédito contra la vainilla mexicana -para abaratarla-, argumentando astuta y falsamente que la vainillina natural era productora de cáncer, y así, desplazaron el interés del mercado hacia el producto sintético. El primer efecto, fue la caída del precio, lo que provocó una reducción radical y sin precedentes, del área de cultivo destinada a este producto, y después, la caída de la producción. Si en 1956 se cultivaron 8934 Ha., actualmente se trabajan sólo alderredor de 220, siendo necesario considerar que únicamente el reciente gran aumento del precio del producto y el extraordinario aumento de los rendimientos, son las causas que han permitido la supervivencia del cultivo. De alderredor de 34 Kg/Ha de vainilla beneficiada, han aumentado hasta 152 Kg/Ha y en algunos casos aún más.

En estos momentos, las vainillas extranjeras son las que predominan y definen el precio en el mercado internacional. De acuerdo con el "Instituto Mexicano de Comercio Exterior" (IMCE), México no está exportando, en consecuencia no hay un precio de exportación, ni oferta, ni alcanza para ello la actual producción. No obstante, existe una demanda inmediata de alderredor de 700 Tn. anuales, únicamente para el mercado norteamericano, que seguirá buscando la manera de abaratar nuestra producción como lo ha hecho hasta hoy, para acapararla después.

Como no existe ni siquiera la concesión de créditos para la producción de vainilla por parte de la Banca (se trata de un cultivo de alto riesgo económico), la empresa Coca-Cola y la "Comisión Nacional de Fruticultura" (CONAFRUT), establecieron un convenio de donde la empresa transnacional proporciona el crédito y asegura la compra mediante el establecimiento de un precio de garantía y el CONAFRUT, la asesoría técnica, acerca de la cual, hasta hoy, no parece haber nada publicado, lo que garantiza a la mencionada compañía el monopolio absoluto del producto. Ello se ha hecho patente en la falta de monitoreo económico por parte de la "Dirección General de Economía Agrícola" (DGEA), cuyos excelentes registros, de 58 años, concluyen en 1983.

La estructura de los costos de producción y laboreo agrícola no puede ser expresada en precios fijos, dada la reciente inestabilidad económica de nuestra moneda y sin embargo, debido a la devaluación, a la escasez del producto y a la demanda, tanto interna como externa, el precio de la vainilla se ha disparado hasta límites asombrosos, lo que constituye un incentivo digno de tomarse en cuenta para su cultivo. A mediados de 1986, un kilogramo de vainilla beneficiada, fluctuaba -cuando se podía conseguir- entre 3250 y 8000 pesos. Al principio del mismo año, el litro de extracto se hallaba en el comercio a 15,829 pesos y al concluir éste, había llegado a 29,000. Todas las tendencias actuales son al alza.

El reciente reconocimiento de que la vainillina sintética y todos sus sucedáneos han resultado ser los "químicamente agresivos" y potencialmente cancerígenos, además de que su sabor no se conserva durante la cocción, ha llevado a una rápida recuperación de la demanda de vainilla natural de origen mexicano, a tal grado, que se la considera artículo de lujo. Así las cosas, la demanda retorna cuando al parecer no existen ya condiciones naturales (que son las que exhaustivamente vamos a estudiar aquí), ni socioeconómicas que favorezcan el restablecimiento del cultivo. Entre ellas, la población especializada que se dedicaba a la mano de obra eventual, está desapareciendo o se ha desplazado hacia mejores ofertas de trabajo permanente, creadas por la industria del petróleo -principalmente- u otras; los mejores terrenos han cambiado de dueño y/o de utilización

para volverse potreros para ganado, o para uso industrial o cultivos intensivos, y toda el área está sufriendo cambios ecológicos radicales provocados por aquellos cambios, de los cuales la causa más importante es el desmonte. Sin adecuadas condiciones naturales, se requieren compensaciones artificiales en la técnica agrícola aplicada, como por ejemplo, el establecimiento de riego por aspersión, etc., cuyos altos costos, aunados a la falta de créditos, a la inseguridad de la propiedad agraria frente a las invasiones, y a que la producción de la vainilla se inicia sólo después de varios años de cultivo totalmente improductivos, conducen a la concentración de las tierras de labor aptas, a manos de plantadores con capital económico de resistencia; es decir, dinero para subsistir y mantener sus terrenos mientras no producen, casi siempre procedente de otros orígenes. Así, los pequeños productores, en su mayor parte artesanales, están condenados a desaparecer y así también, prosigue la concomitante reducción del área destinada a este cultivo y seguirá reduciéndose la producción -aunque aumenten los rendimientos por área superficial-, lo que finalmente, impide el retorno a una producción suficientemente competitiva para la exportación.

Hagamos -no obstante-, abstracción de los problemas políticos del cultivo, los cuales requieran un estudio socioeconómico profundo, y de sus implicaciones económicas, y pasemos conscientemente al estudio biológico o "natural" de la vainilla para ver si es posible hablar de un futuro alentador.

Veremos enseguida cómo es la vainilla, cómo ha sido clasificada, su descripción botánica, y que nombres -comunes y científicos- ha llevado a lo largo de su historia, para pasar a su historia propiamente dicha organizada cronológicamente y a su agricultura.....

CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y DESCRIPCIÓN*

- REINO:** PLANTAE (Plantas = Vegetales)
DIVISIÓN: SPERMATOPHYTA = FANERÓGAMAS = ANTÓFITAS (con semillas)
SUBDIVISIÓN: ANGIOSPERMAS (con flores y óvulos insertos en un ovario)
CLASE: MONOCOTILEDONEAE = LILIATAE (una hoja embrional)
SUBCLASE: COROLLIFERAE = LILIIDAE (tendencia a la unión del cáliz y la corola en un periantio petaloide tubular)
SUPERORDEN: LILLANAE
ORDEN: ORCHIDALES = MICROSPERMALES (inferováricas, con semillas pequeñas)
FAMILIA: ORCHIDACEAE (más de 500 géneros y 20.000 especies catalogadas)
TRIBU: NEOTIEAE (masas polínicas pulverulentas o granulosas)
GÉNERO: Vanilla Olof Swartz, 1799 = Myrobroma Salisbury, 1805 = Vanillophora Keck, 1790 (110 especies reconocidas)
SECCIÓN: Foliosae Rolfe (lianas con hojas desarrolladas; 92 especies)
SUBSECCIÓN: Lamellosae R. Port (Labelo con laminillas escamosas transversalmente dispuestas a través de la carena media, papiloso o nó; hojas engrosadas y carnosas; ninguna adaptación a la sequía, requieren ambientes frescos y húmedos, siendo umbrófilas o mesófilas con una heliofilia más o menos marcada. 49 especies conocidas)
ESPECIE: Vanilla planifolia por Henry C. Andrews, en "Botanists Repository", 1808 = V. fragrans (Salisb.) Ames = V. aromatica Sw. (La vainilla común del comercio) // 1
VARIETADES: V. planifolia v. gigantea Roehne (Var. gigante natural del Matto Grosso, en el Río Amazonas, Brasil)
V. planifolia v. 'marginata' (Hortense y ornamental con los bordes de las hojas listados en color blanco cremoso)
V. planifolia v. 'variegata' (Hortense y ornamental, creada en Francia por Marcel Lecouflé; hojas longitudinalmente listadas con bandas amarillo-cremosas)

+ (Richard, 1845; Bouriquet, 1954; Porter, 1967; Bailey, 1975; Byrd-Graf, 1978, 1980, 1981; Font-Quer, 1979; Conzatti, 1981; Marzocca, 1985).
 Nuestras referencias serán siempre a nivel de especie a lo largo del texto, ya que la bibliografía que existe sobre la vainilla cultivada no permite mayor detalle.

Vanilla planifolia Andr., Bot. Rep., VIII, t. 538 (1808) DESCRIPCION

Liana herbácea trepadora, suculenta y robusta, que sobre un soporte puede alcanzar hasta 10 ó 15 m. de largo. Tallo cilíndrico de espesor variable, comúnmente de 15 a 20 mm, o al menos de 10 mm de diámetro, simple o ramificado, largo, sinuoso, suculento, de un verde intenso u obscuro, que enraiza en forma caulinar, con las raíces opuestas a las hojas y estas últimas alternas; las raíces aéreas pueden estar fuertemente adheridas al soporte; entrenudos de 4 hasta 10 cm. de separación o más generalmente, dos veces más largos que las hojas. Hojas grandes, planas, suculentas, subsésiles o con un pecíolo falso, grueso y muy corto, profundamente acanalado; oblongas a oblongo-elípticas u oval oblongas o estrechamente lanceoladas, agudas y en ocasiones largamente acuminadas en el ápice, subredondeadas en la base, de 8 a 25 cm. de longitud y de 2 a 8 cm. de ancho, presentando numerosas nervaduras paralelas, ligeramente ramificadas, poco visibles excepto en las hojas secas. Inflorescencias abiertas, racimosas, axilares, muy raras veces terminales, muy brevemente pedunculadas, simples, raras veces ramificadas, de 5 a 8 cm. de largo, con el raquis anguloso, grueso y arqueado, de 4 a 10 mm. de diámetro que sostiene entre 20 y 30 flores —generalmente 6 a 15— más frecuentemente cerca del ápice de la liana. Brácteas opuestas y rígidas, expuestas o un poco reflejadas, oblongas u ovales o estrechamente triangulares, obtusas u agudas, ligeramente cóncavas, recurvadas en el ápice, finamente multinervadas, de 5 a 15 mm. de largo, hasta 7 mm. de ancho en la base. Flores grandes, de un amarillo-verdoso, poco vistosas, muy brevemente pedunculadas, que se abren parcialmente y poco a poco a partir del ápice de la inflorescencia (infl. centripeta), fugaces (duran alrededor de 8 horas), aromáticas y con aspecto ceroso. Ovario más o menos encorvado, cilíndrico o casi cilíndrico, con o sin un cálculo confuso en el ápice, de 4 a 7 cm. de longitud y de 3 a 5 mm. de ancho. Sépalos levantados ó extendido-expuestos, lineal-espatulados a oblongo-oblancheolados, planos o un poco cóncavos, más bién obtusos en su extremo o bien subagudos, ligeramente recurvados en la punta hacia el exterior, inferiormente largamente atenuados, de 4 a 7 cm. de largo y de 1 a 1.5 cm de ancho. con 11 a 31 nerviecillos a menudo ligeramente ondulados y difícilmente ramificados. Pétalos de los cuales el primero y segundo están dispuestos en forma seme

jante a los sépalos, pero muy ligeramente más pequeños, más estrechos y menos cerosos, ligeramente carenados en el envés. Labelo o labro (tercer pétalo) con forma de trompeta en la base, amarillento y con una carena a naranjada, adherido en forma de tubo hasta cerca de la altura de la columna a la cual envuelve, e interiormente pennicilado; más corto que los sépalos y pétalos, de 4 a 5 cm. de largo y 1.5 a 3 cm. en su longitud más grande; con una expansión distal triangular en ocasiones ligeramente trilobada, retusa en el ápice; irregularmente dentado-fimbriada sobre sus márgenes volteados; grandemente acopado sobre los márgenes de los pseudo lóbulos laterales; con un disco que tiene alineamientos longitudinales de papilas verrugosas que forman crestas en la banda media, con un haceci llo de escamas fimbriadas hacia la mitad del tubo. Columna ligeramente ex tendida con forma de maza en su extremidad, corta y densamente vellosa ha cia su base interior junto a la soldadura con el labelo, soldada aquí a éste mismo en la mitad de su longitud, de 3 a 5 cm. de largo. Anteras jus to al frente de la extremidad de la columna ginandroceal. Estigma en lám^{ina} transversal. Cápsula muy aromática, estrechamente subcilíndrica o lige ramente trígona y bi-surcada, muy alargada, carnososa, amarillo-verdosa en la madurez, de 10 a 25 cm. de largo y 8 a 15 mm. de diámetro, derecha, a ve ces ligeramente contorneada o recurvada. Semillas de un color café-negruz co á negro, brillantes, ovoides-subglobosas, de 1/4 de mm. de largo y de 1/5 de mm. de espesor.* (Bouriquet, 1954).

* En los casos en que el texto de la tesis lo requiere, se amplían los de talles de la descripción de la planta. Cuando se observen ligeras discre pancias, deberá tomarse en cuenta que no existe una delimitación o barre ra genética precisa entre las especies del género Vanilla, por lo que no es posible saber con certeza si las descripciones bibliográficas de los diversos autores consultados corresponden a la especie "pura" taxonómic amente definida, o a híbridos y variedades hortenses de origen no declarado, debido a la hibridación realizada para buscar diferentes cua lidades en las plantas cultivadas, y que ha sido realizada por los dife rentes cultivadores de todo el mundo. Así, debe tomarse en cuenta que la variabilidad ecológica y morfológica de la especie "sensu-lato" es muy grande. Con todo, hemos cuidado en lo posible descartar o discernir cuan do se hallan en los textos descripciones disímiles con el criterio origi nal, o francamente correspondientes a otras especies aromáticas que no son objeto de este trabajo.

SINONIMIA Y NOMBRES COMUNES

- Lobus oblongus aromaticus Clusius (1605) in Exotic. Libri Decem.
Araco aromatico Hernández (1615) in Thes. Rev. Med. Nov. Hisp., p.38, ill.
Lobus longus aromaticus C. Bauhin (1651) in Hist. Pl. Univ.
Volubilis siliquosa mexicana Catesb. Carol. (1748) III. p. 7. t. 7. Blackw.
 Collect. Stirp. VI, t. 590.
Epidendrum vanilla Linn. (1753) in Sp. Pl. éd. I, p. 952 (partim).
Vanilla mexicana Miller., Gard., (1768) in Dict., éd. 8., n^o 1 (partim).
Epidendrum rubrum Lamk. (1783) in Encycl., I, p. 178 (partim).
Vanilla aromatica Sw. (1799) in Nov. Act. Sc. Upsal., VI, p. 66.
Vanilla epidendrum Mirb. in Hist. Pl. éd. II, IX, p. 249 (partim).
Myrobroma fragrans Salisb., (1807) in Andr., Rept., t. 538.
Vanilla planifolia Andrews (1808) in Bot. Repos., VIII, t. 538 et texte.
Vanilla viridiflora Blume, Bijdr., (1825) in Fl. Ned. Ind., p. 422.
Vanilla sativa Schiede (1829) in Linnoea, IV. p. 573.
Vanilla majajensis Blanco (1845) in Fl. Filip., éd. II, p. 593.
Vanilla claviculata Baillon (1892) (non Sw.), Dict. Bot., IV, pl. color., p 248.
Vanilla vanilla Huth (1893) in Helios, XI, 136.
Vanilla brasiliensibus Gardner (secund. cl. Gardner).
Vanilla sylvestris Schiede (1916) l.c. bis. in. Constantin & Bois "Les Var.
 de V." Compt. Rend. Acad. Sci. Paris 16:466-470.
Vanilla abundiflora J.J. Smith (1920) in Bull. Jard. Bot. Buitenz. série III,
 II, p. 21.
Vanilla rubra Urban (1920) in Fedde. Repert. Beih., V. 157.
Vanilla fragrans (Salisb.) Ames (1924) in Sched., Orch. VII, p. 36.

Tlixóchitl, Tlixóchitl, Tlixóchitl: Lengua Azteca, México: "Flor Negra"
 (Sahagún, 1529; Martínez, 1979)

Cuomecáxot, Dialecto Azteca, S. de Zacapoaxtla, Pue. (Harold & M. Key)

Cashisha, Lengua Totonaca, Ver. (Reko)

Suni'xa'nat: Lengua Totonaca, S. Norte de Puebla. (Herman P. Aschmann)

Sisbik, Sisbik-k'aak, Sisbikk'ax, Siisbik, Siisbik-k'aax: Lengua y/o Idioma
 Maya, Yucatán, Méx.: "Siis = aromático, fresco frío + Sib = emanar + ik =
 sufijo adjetival + K'aax = monte, selva, bosque" (Standley; Souza-Novelo;
 Barrera y col., 1969).

Vainilla, Vainillero, Vainillón, Vainilla de México, Vainilla legítima,
Vainilla común, Vainilla Ley, Vainilla mansa, Vainilla fina, Vainilla es-
carchada, Vainilla roja, Vainilla de cochino, Vainilla cimarrona, Flor ne-
gra etc.: Idioma Español, México, España, Centroamérica e Is. del Caribe,
 etc. etc.

Canela de Cuya: Id. Esp. Yucatán (Standley).

Lombricera: Id. Esp. Is. de Cuba

Bejuquillo, Cuyanquillo: Id. Esp. Colombia

Pois vanille, Vanillier, Vanillen: Id. Francés (Bouriquet; Sánchez-Monge).

Vanilla Lec, Mexican Vanilla, Vanilla, Vanilla Orchid: Id. Inglés (Stuart).

Vanilha, Vanilheira: Id. Portugués, Brasil, Etc. (Sánchez-Monge).

Vaniglia, Vaniglia, Vaniglia Droga: Id. Italiano (Bianchini y col.).

Stecche, Bacceli: Jerga Herbolaria Italiana (Bianchini y col.).

Vanille, Vanille: Id. Alemán (Sánchez-Monge).

Vanila: Id. Euskera, España (Sánchez-Monge).

CAPITULO PRIMERO

LA HISTORIA DE LA VAINILLA



Así lo vinieron a decir,
así lo asentaron en su relato
y para nosotros lo vinieron a dibujar en sus papeles
los viejos, las viejas.

Eran nuestros abuelos, nuestras abuelas,
nuestros bisabuelos, nuestras bisabuelas,
nuestros tatarabuelos, nuestros antepasados,

se repitió como un discurso su relato,
nos lo dejaron,

y vinieron a legarlo
a quienes ahora vivimos,
a quienes salimos de ellos.

Nunca se perderá, nunca se olvidará,
lo que vinieron a hacer,

lo que vinieron a asentar en las pinturas:
su renombre, su historia, su recuerdo.

Así en el porvenir
jamás perecerá, jamás se olvidará,
siempre lo guardaremos

nosotros hijos de ellos, los nietos,
hermanos, bisnietos, tataranietos, descendientes,
quienes tenemos su sangre y su color,

lo vamos a decir, lo vamos a comunicar
a quienes todavía vivirán, habrán de nacer,
los hijos de los mexicas, los hijos de los tenochcas.



"Tlilxochitl in xochitl, in cuicatl"
 (Flor-negra "vainilla" en flor y canto ..)

LA HISTORIA DE LA VAINILLA

Al rescatar de los textos históricos lo que ha sido y es la vainilla en el México prehispánico, y durante la conquista española, surgen graves dificultades de orden metodológico que obstaculizan la conformación de un texto que persiga organizar los hechos consignados, tan sólo en un orden cronológico, o con una cierta coherencia interna.

Aun cuando el investigador desee recurrir a las citas bibliográficas textuales, fechadas, se encuentra ante el dilema de elegir. Primero, la fecha de la primera edición original de la obra del cronista al que —por ejemplo— haya recurrido por necesidad, oportunidad y/o acierto, y que muchas veces se editó primero en idioma náhuatl, o en algún idioma extranjero; y posteriormente en español, las más de las veces en épocas muy extemporáneas a las que hace mención y con enormes errores de interpretación y traducción, además de la censura; segundo, la fecha relativa del momento histórico específico que se está consultando en el texto, y que es difícil de dilucidar especialmente cuando la leyenda y la religión se mezclan —o se confunden absolutamente— con los personajes de la narración histórica; en tercer lugar, habrá de seleccionar las citas idóneas entre varios cronistas, los cuales, al hablar de lo mismo, difieren radicalmente, tanto en sus métodos de exposición, como en su forma ideológica de interpretar y por su preparación. Añádase a esto que muchas veces, las citas básicas que hacen mención de la vainilla, y que servirían para estructurar coherentemente su historia, mediante la interpretación y análisis lógico de los textos —o por inferencia—, aparecen en obras que son muy posteriores a la fecha de los datos que contienen. Obras que son re-interpretaciones, o estudios que definitivamente enriquecen el plan de exposición, y que, precisamente por su naturaleza interpretativa sobre los códices, objetos culturales, y trabajos de los cronistas, se hallan sujetas a encarnizadas polémicas y controvertidas posiciones personales entre los especialistas.

Hay que mencionar también, que en todas estas fuentes documentales, la mención de la vainilla es puramente un exotismo circunstancial, es más, ni siquiera se trata en forma usual como tema secundario, y muchas veces sólo podemos inferir que se trata de ella cuando se hace mención de "una especia añadida al cacao". Por último, conforme van apareciendo códices y documentos extraviados -junto con los estudios que de ahí se derivan-, la importancia relativa, o si se quiere, la autoridad historiográfica de los escritos en polémica cambia de importancia y connotación y, por ello, sólo ocasionalmente la he de tocar aquí.

Si al escribir esta "Historia de la Vainilla" de una manera un tanto pragmática -en cuanto al orden de exposición y la selección de textos-, he caído en irreverencias metodológicas que pudieran suscitar el desacuerdo técnico de algunos especialistas ajenos a la biología, adelanto aquí una consciente disculpa, aclarando que la intención, al escribir así, ha sido sólomente para dar a conocer de un modo coherente, lo que he podido descubrir en los documentos acerca de esta orquídea tan especial. Y si la duda, el desacuerdo, o la aprobación de lo dicho, o las citas del texto, motivan el interés profesional por la exposición de esta tesis, y por investigaciones posteriores que otros autores hagan sobre el tema, habré cumplido entonces con los objetivos de este capítulo. Para esta intencionalidad, creo que el método de exposición elegido es ideal, y trato de ubicar así, al "chocolate con vainilla", como una bebida que ha acumulado tras de sí una profunda riqueza cultural que como mexicanos nos pertenece.

El descubrimiento de los documentos que sobrevivieron a la destrucción originada por la conquista ha sido paulatino y difícil. De bibliotecas, colecciones particulares y archivos extranjeros largo tiempo olvidados, han ido surgiendo, permitiéndonos conocer y enriquecer, lo poco que se conoce sobre diversas plantas y sus aplicaciones en el México precolombino. A estos descubrimientos debemos añadir los no menos importantes realizados por la arqueología sistematizada, al poner al descubierto objetos decorativos y murales donde abundan plantas y flores, viéndose en la necesidad de interpretar y correlacionar auxiliándose para ello de expertos de muy diversas materias.

Herrerías (1980) y Autores de la Universidad Veracruzana, (1984) entre otros, consignan una trágica historia de amor y misticismo acerca de un poco probable origen Totonaca de la vainilla.... Historia recogida de la tradición oral de los actuales descendientes de aquélla cultura, y que se remonta a los tiempos de un Rey llamado Teniztli Tercero, miembro de la "Dinastía Totonaca" en la que cada uno de sus miembros gobernó durante 80 años. Dinastía consignada por Juan de Torquemada en su monumental "Monarquía Indiana" y que Don Francisco Javier Clavijero - investigador escéptico, cauteloso y racional en su método histórico - calificó a su vez, posteriormente, en su "Historia antigua de México" como "...extravagante" y "...solamente buena para divertir a los niños". Por lo cual no la transcribimos aquí (Keen, 1984).

Tlalcacahuatl y Tlilxóchitl (Cacao y Vainilla), viajan juntos dentro de la historia épica del México Antiguo, ligadas al mitológico sacerdote-rey, Ce-Ácatl Topiltzin, a veces dios o descendiente de los dioses, conocido o identificado por los informantes de Sahagún como Quetzalcoatl; La "Serpiente emplumada", quien, posiblemente en Tula, o la mitológica "Tollan", y las hizo nacer para combinarlas después.

Las referencias a la Tlalcacahuatl (*Theobroma* spp.) son muy abundantes en los códices, textos de cronistas y otros documentos. Las imágenes de esta planta se identifican fácilmente en tallas de piedra y murales, siendo regularmente explícitas en la mayoría de las fuentes, empero, aquéllas que hacen referencia a la vainilla (*Vanilla* spp), son escasas y en ocasiones obscuras, debido a que el Tlilxóchitl era un aromatizante apreciado, selecto y las más de las veces secreto, en la preparación de la bebida no tradicional de cacao.

No obstante, se sabe que la vainilla era recolectada por pueblos de diversas culturas desde tiempos precolombinos aun anteriores a la aparición de los Aztecas. Los Tarascos del Estado de Michoacán, Los Zapotecas del Estado de Oaxaca, y los grupos indígenas de la Sierra Madre Oriental, Al noreste de Puebla, Otomíes, Nahuas, Totonacos y Tepehuas,

Pueden incluirse también, con alta probabilidad, los Mayas y los Olmecas, así como otras culturas extendidas a lo largo de las selvas de Centro y Sudamérica, de las cuales no tenemos todavía un suficiente conocimiento histórico.

Miguel León Portilla, uno de los grandes Nahuatlato mexicanos, nos dice que la relación en que se encuentran Tula y Teotihuacán -los Toltecas antiguos y los Toltecas recientes-, parece ser la que existe entre una gran metrópoli, que es foco y raíz de una cultura, y otra ciudad menor, que pudiera describirse como resurgimiento posterior, y en menor escala, de la grandeza antigua. Añade que casi todo lo bueno que hubo en Tula, existió en mayor proporción y con mayor refinamiento en la "Ciudad de los Dioses"; Teotihuacán (L. Portilla, 1963). De ser realmente así, las raíces de la historia de la vainilla podrían buscarse en los elementos culturales e iconográficos del periodo Clásico Temprano, o inclusive antes, en el origen mismo de las culturas precolombinas del centro de México.....

Sin embargo, al nivel de la documentación con que podemos contar, hemos encontrado una mención de la "Historia de la Medicina en México" de Francisco de Asís Flores y Troncoso sobre el origen de la vainilla entre los Nahuas. El interpreta así, la información escrita que dejaron los Informantes de Sahagún, y que más tarde consignó también el Protomédico de Indias: Francisco Hernández:

"...Las variadas pociones que vamos a dar a conocer y cuyo origen hacían remontar hasta los Toltecas, que decían a su vez que les habían sido descubiertas y comunicadas por el dios Quetzalcoatl, eran éstas: la. el atextli que hacían con cacaoatl y tlaolli, al cual solían agregar frutos de mecaxóchitl (especie de pimienta), flor de rochinacaztli y tlilxochitl y que endulzaban con miel de maguey (con algunas variantes creemos que esta bebida es la que entre nosotros se conoce con el nombre de chocolate) y lo creían excitante de los deseos venéreos..." (Ob. cit. Tomo I, pag. 375).

Al parecer, el Atextli era la bebida favorita entre las cuatro que únicamente podían ser tomadas por "personas principales", estándole prohibido a los plebeyos. Retrocedamos ahora hasta la "Historia Natural de Nueva España" de Francisco Hernández, donde encontramos lo siguiente:

"...Atextli, o sea "pasta aguada". Se hace con 100 granos poco más o menos de cacacoatl crudos o tostados pero bien molidos, y mezclados con la cantidad de grano indio, ablandado al modo que en otra ocasión dijimos, que cabe en el hueco de las dos manos juntas. Pero si se quiere hacer compuesta se agregan además frutos de meca-xochitl, de xochinacastli y de tlilxochitl (plantas desorritas en su oportunidad), también molidas agitando la mezcla durante un tiempo conveniente. Antes de tomarse debe vaciarse de un vaso a otro desde cierta altura, hasta que se produzca espuma y suban a la superficie las partes grasosas de naturaleza semejante al aceite, de suerte que puedan sorberse sólo las más ligeras o agradables, o gustarse unas y otras separadamente con mayor agrado. La propiedad de la bebida compuesta es excitar el apetito venéreo. La simple refresca y nutre grandemente..." (Ob.Cit. Hist. de las Pl. Libro VI, LXXVII).

Finalmente, nos corresponde ahora recurrir a Fray Bernardino de Sahagún, quien rescató para la posteridad los orígenes de la vainilla, al remontarse hasta Quetzalcóatl a través de los datos que sus informantes le proporcionaron. Y así, nos dice:

"...Y más tenía el dicho Quetzalcoatl todas las riquezas del mundo, de oro y plata y piedras verdes, que se llaman chalchihuites, y otras cosas preciosas, y mucha abundancia de árboles de cacao de diversos colores, que se llaman xochicacacoatl..." (Historia General de las Cosas de Nueva España Libro III, Cáp. III, No. 4).

El que los informantes de Sahagún atribuyeran a Quetzalcóatl la paternidad del chocolate no es de extrañarse, ya que la Toltecayotl, o sea el conjunto de elementos culturales del que son herederos los mexicanos, nace precisamente de la mitológica Tula, donde gracias a Quetzalcoatl florecieron todas las artes y se desarrollaron todos los beneficios de los cuales disfrutaban los Aztecas al momento de la conquista.

Sin embargo, es posible que el aprovechamiento, tanto del cacao, como de la vainilla, ya se conocieran en mesoamérica mucho tiempo antes del florecimiento de Tula, es decir, que su empleo se encontrara ya presente y difundido durante el auge de Tajín, Palenque, Xochicalco, etc. y también es posible que dentro de la historia de cada una de las culturas implicadas existiese una leyenda propia de la vainilla que —excepto en el caso de los totonaques—, bien pudo perderse o desaparecer durante la conquista.....

De momento, de manera hipotética podemos decir que fue Quetzalcóatl quién originó el "Atextli compuesto" o "Chocolate a la vainilla" como después de diversos avatares culturales le venimos nosotros a conocer. Y sea éste un hecho mítico, o real, nos ubicamos necesariamente dentro de la Cultura Tolteca, dentro de la estirpe Nahuatl; es decir, dentro del Periodo Clásico Temprano de las Culturas del Anáhuac, si pensamos en Teotihuacán; y dentro del Periodo Clásico Tardío si nos ubicamos en Tula.

Es de Tula de donde nos habla Sahagún. Esta ciudad cayó en el año de 1064, año que corresponde al éxodo de Quetzalcóatl ... Sigamos con la obra sahumantina:

"...Y acordando irse de Tulla a Tlapallan ("Lugar del Rojo" ó destino final mítico de Quetzalcoatl) (Yucatán),convirtió los árboles de cacao en otros árboles que se llaman mizquitl..." (Kezquite: Prosopis laevigata).
(Ob. Cit. Libro III, Cáp. XII, No. 1).

Es muy común encontrar en Sahagún una fuerte asociación o confusión entre el mítico dios Quetzalcóatl, y los variados personajes, —reales o legendarios— que llevaron su nombre prosigamos:

"... El dicho Quetzalcoatl, yéndose de camino más adelante, a la pasada de entre dos Sierras, del Volcán y la Sierra Nevada, todos los pajes de dicho Quetzalcoatl, que eran enanos y corcovados, que le iban acompañando, se le murieron de frío dentro de la dicha pasada de las dos Sierras; y el dicho Quetzalcoatl sintió mucho lo que había acaecido de la muerte de los dichos pajes, y llorando muy tristemente y cantando con lloro y suspirando, miró la otra sierra nevada

que se nombra Poyauhtécatl ("El que habita entre nieblas" ó sitio mítico de habitación de Tláloc, el Pico de Orizaba), que está cabe tecamachalco, y así pasó por todos los lugares y pueblos y puso muy muchas señales en las tierras y caminos según que dicen..." (Ob. Cit. L. III, Cáp. XIV, No. 1).

Hemos de fijarnos un poco, para nuestros fines, en la mención de los enanos y corcovados, en diferentes épocas y autores. Heyden (1985) menciona que los enanos y corcovados son numerosos entre las figuras arqueológicas de Teotihuacán. Esta autora, cita a Muñoz Camargo ("Historia de Tlaxcala" 1966), el cual, describe a la diosa de los enamorados Xochiquetzal y su paraíso:

"...la cual decían que habitaba sobre todos los aires y sobre los nueve cielos, y que vivía en lugares muy deleitables y de muchos pasatiempos ... en grandes deleites y regalos de fuentes, ríos, florestas de grandes recreaciones, sin que le faltase cosa alguna ... Ella estaba tan guardada y encerrada que hombres no la podían ver, y en su servicio había un gran número de enanos y corcovados, truhanes y chocarreros que le daban solaz con grandes músicas y bailes y danzas..." (Ob. Cit. p. 154).

"...Llamaban el cielo donde esta diosa estaba Tamohuaninchan Xochicatlican ... El lugar del Tamohuan, y en asiento del árbol florido, ..." (Ob. Cit.).

De este árbol Xochicatlican, dice que el que alcanzaba de esta flor o de ella era tocado, que era dichoso y fiel enamorado. El árbol más frecuentemente llamado Tamoanchan en las fuentes -igual que el paraíso-, continúa diciendo Heyden, parece describir la vaina entrelazada atrás de la deidad en la pintura teotihuacana. Volveremos sobre estos puntos más adelante.

Es posible que el cacao haya sido introducido en el altiplano central antes, o a partir de la expansión mexicana y su importancia económica fue tal, que debemos recordar que a la llegada de los españoles, era empleado como moneda en las operaciones comerciales del

gran tianguis de Tlaltelolco, asimismo, la Matrícula de Tributos del Códice Mendoza, ha dejado constancia de ello.

Sobre la recolección y uso de las Orquídeas, nos es dado inferir que los conocimientos datan al menos desde el tiempo de los Toltecas, bástenos recordar que el arte plumario, del que todos los cronistas hacen prolija referencia y que causó la más profunda admiración en la Europa del siglo XVI, empleaba como pegamento una resina obtenida por maceración de la Bletia campanulata, conocida con el nombre genérico de Tzauhtli:

"...Los Toltecas eran gente experimentada
se dice que eran artistas de las plumas,
del arte de pegarlas
De antiguo lo guardaban
era en verdad invención de ellos,
el arte de los mosaicos de plumas..."
(Textos de los inf. de Sahagún, Códice Nutritense de la
Real Academia de Historia, fol. 173 r.).

Martínez Cortés, 1974, cit. por Heyden, Ob. cit., menciona que se utilizaban adhesivos hechos de: Epidendrum pastoris, Laelia autumnalis, Bletia coccinea, plantas que además del Tzauhtli, se utilizaban como cementantes, no sólo en plumaria, sino también en orfebrería, en la fabricación de flechas y como aglutinantes de los pigmentos de los pintores Aztecas. Tradición heredada de los Toltecas. El interés por estas y otras orquídeas, debió haber sido muy especial ya de antiguo, exhaltándose además su belleza, virtudes y cualidades. Citemos a Pelham Wright, autor del libro "Orquídeas de México":

"...Los aztecas, como se sabe con certeza, apreciaban y cultivaban algunas especies. Tal vez sus predecesores, los Toltecas, hicieron lo mismo ... los nobles mexicanos lo hicieron en el antiguo Tenochtitlan..."

"...En consecuencia, algunas de las plantas más notables de México tienen nombres en nahuatl, y quizá siguen siendo denominadas así donde persisten comunidades indígenas que hablan el idioma autóctono... en ciertos casos cabe suponer que la planta en cuestión era una favorita de las clases altas aztecas, para quienes constituía un lujo..."

"...Los Mayas, los Zapotecos y los Tarascos también tenían, y tienen todavía, nombres en sus respectivos idiomas para algunas especies de orquídeas que crecen en su territorio. Posiblemente las cultivaron cuando sus civilizaciones estuvieron en su apogeo, aunque esto no está probado..." (Pelham Wright, 1958 Ob. cit. p- 12).

"... La Stanhopea devoniensis ... junto con las orquídeas mexicanas de la vainilla ... son posiblemente las primeras orquídeas que se cultivaron en el mundo..." (Ibid. Ob. cit. lám. 39).

Entre 1427 y 1440, el Rey Azteca Izcóatl somete al Imperio Totonaco, exigiendo la vainilla como parte del pago tributario. Las primicias de los frutos del campo eran consideradas como "tributo religioso de primera clase". Nadie podía entrar al palacio, ni ver a los reyes aztecas sin ofrecerles previamente ramilletes de flores. A nadie le valía razón, ni excusa para exceptuarse del pago tributario. Los insolventes eran cruelmente atosigados y perseguidos, y finalmente, vendidos como esclavos. El uso exagerado de flores por parte de los reyes y de la nobleza, hacía necesario que las provincias de Tierra Caliente tributaran grandes cantidades de flores. El objeto de este bello y cuantioso tributo no era solamente para admirar las flores, sino para mostrar la grandeza y autoridad mexicana y para llamarse y ser tenidos por señores de todo lo creado, así en el agua como en la tierra. Los monarcas de México no solamente cobraban tributo en flores, sino que eran capaces de ir a la guerra para conseguir ciertas plantas codiciadas. Ciertas flores se reservaban estrictamente para los nobles y para los guerreros destacados, hasta el grado de que hubo pena de muerte para "quien coge ciertas flores si no es señor o tiene licencia". Las restricciones en el uso muestran que ciertas flores eran objeto de lujo, y muchas veces importadas, como las plumas finas, la piel de jaguar, el cacao y otras cosas, que por ser escasas y caras se reservaban para la clase dirigente. El control de los frutos, las flores y los alimentos terminó por señalar claramente posición y castas sociales. (Modificado de Yáñez, 1959, y Heyden, 1985.).

En Marzo de 1519, Hernán Cortés desembarcó en la Costa de Tabasco, derrotó a los indios del lugar en una recia escaramuza, y les arrancó una promesa de amistad. Una joven mexicana, la "Malinche", habría de ser su intérprete, consejera y manceba...(Keen, 1984):

"...cuyo nombre, después de cristiana fué Marina, por cuyo medio de interpretación fué nuestro señor servido enca^minar el viaje y ensalzamiento de nuestra santa fe cató^lica y ley evangélica, los cuales sirvieron de intérpretes en la dicha conquista y pacificación..." (Relación de la Villa de Sta. Ma. de la Victoria, 12 de Mayo de 1579, 2., por Hernando de Villegas).

Este lugar, situado en La Chontalpa, no existe más. Sin embargo, aunque no es mencionado por ningún cronista, es probablemente el primero donde los españoles, durante las negociaciones probaron el chocolate o caminaron -sin saberlo- entre las plantas del cacao

"...Hay en esta provincia, en los pueblos de los naturales de ella, muchas huertas y heredades de cacao, que es la moneda de ellos desde su gentilidad, de las cuales hay mucha abundancia de que se coge de tres mil cargas de cacao en cada año; esto es en lo que toca a los Chontales, que tienen la tierra cómoda para ello por ser como es tan fértil. Y como en tiempo antiguo, sacan las mismas sin el que se bebe..."(Ibíd. Ob. cit., 23).

Pero no es probable que allí hubiese todavía uso de la vainilla, o que ellos lo hubieran notado. Acerca de cuando sucedió tal cosa, y de cuando llegó por vez primera la vainilla a Europa, todo es especulación. Bouriquet (1954) dice que la vainilla llegó a Europa en 1510. Herrerías (1980) menciona que la planta fué enviada por Cortés al Rey de España, junto con la Primera Carta de Relación, con sus emisarios Puertocarrero y Montejo, quienes arribaron en Octubre de 1519. Pero ésta, no figura en las listas de presentes enviadas al rey, y que se conservan hasta hoy. Otros autores, infiriendo los hechos a partir de las crónicas militares de la conquista, indican que el chocolate con vainilla fue ofrecido por primera vez a Cortés por Moctezuma, probablemente

en la primera quincena del mes de Noviembre de 1519 ... pero para no comprometerse, califican el hecho con el apelativo de leyenda -lo cual es fácil en el contexto del "Atextli compuesto"-; en lo que historiadores, cronistas y estudiosos están acordes, es en señalar que el "Chocolate con Vainilla" es una herencia dejada al mundo por los Aztecas de la Meseta del Anáhuac de uno u otro modo, en 1520 ya habían llegado a España las primeras pastillas de Chocolate

"Ma izquioxochitli	Espárzanse las flores
ihuan cacahuaxochitli	perfumadas y blancas
ma on moyahua	y derránense las flores del cacao,
ma on tzetzelihui	aquí en la tierra de los viejos
ye nican huehuetitlan	y seamos por ello
In on tahuiyacan"	dichosos!

(Fragmento del poema 4 de los "Romances de los Señores de la Nueva Esp")

La obra de Bernal Díaz del Castillo, las crónicas de Sahagún con el Códice Florentino, las obras de Fray Diego Durán, Torquemada, Bartolomé de las Casas, Martín de la Cruz y Francisco Hernández.... son fuente imprescindible para historiadores y botánicos. A estos documentos, se añaden los diferentes textos de los historiadores españoles que con el nombre de "cronistas reales", y aunque inspirados en los que he mencionado inicialmente, nos complementan y sintetizan los datos existentes sobre la flora que se descubrió en la Nueva España.... así, el Cronista de Indias, Antonio de Solís y Rivadeneyra, perteneciente a este último grupo, nos muestra una síntesis de la admiración de los conquistadores al visitar las casa y jardines de Moctezuma, en Noviembre de 1519:

"...En todas estas casas (Moctezuma) tenía grandes jardines prolixiamente cultivados. No gustaba de árboles fructíferos ni plantas comestibles en sus recreaciones; antes solía decir que las huertas eran posesiones de gente ordinaria, pareciéndole más propio en los príncipes el deleyte sin mezcla de utilidad. Todo era flores de rara diversidad y fragancia, y hierbas medicinales, que servían a los quadros y cenadores; de cuyo beneficio cuidaba mucho haciendo traer á sus jardines quantos géneros produce la benignidad de aquella tierra, donde no aprendian los físicos otra facultad que la noticia de sus nombres, y el conocimiento de sus virtudes. Tenían hierbas para todas las enfermedades y dolores de cuyos zumos (1) y aplicaciones componían sus remedios, y

lograban admirables efectos, hijos de la experiencia, que sin distinguir la causa de la enfermedad, acertaban con la salud del enfermo. Repartíanse francamente de los jardines del rey todas las hierbas que recataban los médicos (2), ó pedían los dolientes; y solía preguntar si aprovechaban, hallando vanidad en sus medicinas, ó persuadido á que cumplía con la obligación del gobierno cuidando así de la salud de sus vasallos..." (Historia de la Conquista de México, 1783, Tomo I, pág. 404).

- (1) Francisco de Asís Flores y Troncoso menciona la vainilla como parte de dichos zumos, citando a su vez a Francisco Hernández.
- (2) Se trata de un "sistema de control político retributivo".

Vayamos ahora con el Cronista y Conquistador Bernal Díaz del Castillo, directamente hasta la mesa del rey Moctezuma, al final de una comida. Uno de los hechos que llama singularmente su atención, es el rígido protocolo de la corte en estas y otras ocasiones, así como el riguroso ceremonial que imperaba alrededor del monarca:

"...Traían en unas como a manera de copas de oro fino con cierta bebida hecha del mismo cacao; decían que era para tener acceso con mujeres y entonces no mirábamos en ello; más lo que yo vi que traían sobre cincuenta jarros grandes, hechos de buen cacao, con su espuma, y de aquello bebía (Moctezuma), y las mujeres le servían al beber con gran acato, y algunas veces al tiempo de comer estaban unos indios corcovados muy feos, porque eran chicos de cuerpo y quebrados por medio los cuerpos, que entre ellos eran chocarreros, y otros indios que debieran ser truhanes, que le decían gracias, y otros que le cantaban y bailaban, porque Moctezuma era aficionado a placeres y cantares, y (a) aquéllos mandaba dar los relieves y jarros del cacao... y hablaba Moctezuma (a) aquéllos cuatro principales viejos en cosas que le convenían; y se despedían de él con gran reverencia que le tenían ... jarros de cacao con su espuma ... entre mexicanos se hace, más de dosmil ... también le ponían en la mesa tres cañutos muy pintados y dorados, y dentro tenían liquidámbar revuelto con una hierba que se dice tabaco, y cuando acababa de comer, después que le habían bailado y cantado y alzado la mesa, tomaba el humo de uno de aquellos cañutos,

y muy poco, y con ello se adormía..." (Hist. Verdadera de la Conquista de la N.E. capítulo XCI.).

Sólo a nivel de hipótesis, y para posterior comprobación por los especialistas de la historia, podríamos decir entonces lo siguiente: .. resulta muy significativo el hecho de que los enanos corcovados, truhanes y chocarreros, se asocien con la ingestión del chocolate con vainilla por Moctezuma. Creemos que se trata del "Atextli compuesto" -reservado para él-, en aquéllas ocasiones en que estos personajes participan en el ceremonial gastronómico. Los hemos visto como ídolos en la cerámica teotihuacana, después como pajes de Quetzalcoatl, por lo que su presencia debe obedecer a un significado mucho más profundo que el que los cronistas les otorgan. En este marco, superarían con creces la connotación del bufón europeo -que en cierto modo les es contemporáneo y a diferencia de ellos está sólo para divertir a los reyes-, trascendiéndola al adquirir una significación poética, mágica y religiosa; siendo sacerdotes probables de los dioses de las flores, su visita a Moctezuma serviría como asesoramiento del camino a seguir al beber el chocolate afrodisíaco, exhaltando con dicha finalidad -mediado permiso de xochipilli para el baile y el canto- la virilidad del rey como vía de enlace o camino, para establecer comunicación con los dioses. La argumentación parece reforzarse si se considera que dentro de los componentes de los cañutos que fumaba el emperador, bien podían haber figurado algunos alucinógenos aplicados a dicho objetivo, lo que fácilmente pudo escapar a las observaciones de Bernal Díaz del Castillo. Recuérdese que acerca de estos productos existe en el México antiguo una gran tradición que sólo recientemente se ha comenzado a investigar. Como quiera que sea, el tabaco con liquidámbar, mediante una adecuada motivación de índole religiosa, bien pudo ser responsable de la inducción de un estado de éxtasis suficiente para el caso.

Heydan (1985) nos dice que el Códice Magliabechiano, habla de la diosa Xochiquetzal en el sentido sexual:

"...Del semen de Quetzalcoatl nació un murciélago que mordió a Xochiquetzal "dentro del miembro femenino"; de aquí nacieron las flores, "que se dice entonces que vinieron del otro mundo" ..." (Cód. Magliabechiano, 1970: 61 v.).

Lo anterior confirma la relación entre el vientre materno y la flor. Xochiquetzal no solamente era la patrona de las artesanías, sino también del amor sexual. Fue ella quien realizó el primer acto sexual y el primer parto, era la diosa del bien querer. Torquemada dice que la flor era usada como amuleto para conseguir relaciones sexuales con la persona deseada; la flor formaba parte de una fórmula para aumentar el atractivo amoroso. En los dioses de las flores de la tradición azteca, nacen juntas la poesía, la música y la danza. Y en general, el componente xúchil = flor, es metafórico, y significa todo lo bueno que tiene origen en las flores o que las hace nacer. De aquí que se aplicara a la vainilla, pues su nombre : Tlilxóchitl, literalmente, "flor negra" es metafórico también ya que se aplica al resultado de la unión, el aromático fruto (Kod. de Heyden, 1985).

Las propiedades medicinales asociadas a la vainilla parecen demostrarnos con mayor profundidad esa misma naturaleza metafórica, en donde la intervención o significación religiosa, sería un auxiliar en los momentos médicos cruciales y dificultosos, coincidiendo ocasionalmente los resultados fisiológicos con el efecto buscado, lo que sería en parte medicina natural y además, psicósomática. Así, Flores y Troncoso, en su "Historia de la medicina en México", ha compendiado para nosotros las recetas más utilizadas en aquellos años y sus propiedades. Su fuente documental es la obra de Hernández, de donde toma las recetas transformando -para mayor comodidad- las pesadas antiguas en óbolos y dracmas, al sistema decimal. Es curioso señalar que algunas de ellas han sobrevivido hasta nuestros días y se siguen aplicando con éxito en regiones marginales de nuestro país donde persiste el uso de la medicina tradicional. Más aún, la mayor parte de las obras populares de herbolaria actual consignan todavía propiedades terapéuticas y

usos medicinales para la vainilla. Al respecto véanse: Álvarez G. (1980), Gracia A. (1980) Luna (1981), Martínez (1969 y 1959), Rengada (1887), Starck (1981) etc. Citamos:

"POCIÓN DE MECAXÓCHITL COMPUESTA"

De mecaxóchitl	c.b.
De cacaoatl (<u>Theobroma cacao</u> L.)	} aa. 1.50 gms.
De xocoxóchitl (<u>Myrthus pimenta</u> L.)	
De tlilxóchitl (<u>Epidendrum vanilla</u> L.)	
De xochinacaztli	
De chilli (<u>Capoicum</u> spp.)	
De tlaolli (<u>Zea mais</u> L.)	
De achiotl (<u>Bixa orellana</u> L.)	8.00 gms.
Agua o neutle	c.b.

Usos: Preparaban así una poción contra las enfermedades de los riñones y de la vejiga, y al decir de Hernández, los indios de Guatemala, que también la usaban mucho como panacea, nunca sufrían de esta clase de enfermedades. La usaban también en las amenorreas ó dismenorreas, para provocar los mestruos, y en los trabajos de parto, para facilitar el de los productos muertos y acelerar el de los vivos quitando los dolores....." (Flores y Troncoso, Ob. cit. Libro Quinto, Cáp. XLVIII).

"... Para abreviar el trabajo de parto y mitigar el dolor se aplicaba una terapéutica cuyas indicaciones especiales se procuraba llenar durante el trabajo. Durante la expulsión usaron dar al interior el cocimiento de tlilxochitl sólo, o mezclada con mecaxóchitl. El tratamiento variaba un poco si el producto venía muerto, pues la vainilla era el producto que se creía más efectivo para este tipo de expulsión ..." Esperaba entonces la expulsión de la placenta (Tlaeyotl ó cihuatlayelli) ó parto de las secundinas, que llamaban quitlaza ynian, y si éste no se verificaba, le hacía fumigaciones de ahoehoetl (Taxodium mucronatum), le daba a tomar el tlilxochitl, con o sin mecaxochitl, el polvo de la hierba tlaquequetzal, o le aplicaba una pasta en la vagina, hecha de las mismas plantas "... Sólo en último extremo se practicaba la extracción manual, y las placentas eran enterradas, previo reconocimiento de su integridad, en un rincón de la casa..." (Flores y Troncoso, Ob. cit. págs. 69, 200, 202).

Simbólicamente, el hijo había quedado sembrado; atado a su hogar... Pero la vainilla tenía más propiedades reconocidas: hemostática en los casos de "piapiatzquetzaliztli" (hemoptisis); diurética, sudorífica, estimulante, abortivo u ocitótico, etc., existiendo hasta una composición considerada un remedio seguro contra la esterilidad femenina, el cual se utilizaba en inyecciones para aplicar al interior de la cavidad

uterina de las mujeres infecundas. Así, ¡la flor retorna a su origen para restituir la fertilidad de la que nació!

Aquí estás, mi hijita
mi collar de piedras finas,
mi plumaje de quetzal,
mi hechura humana, la nacida de mi.
Tú eres mi sangre, mi color,
en tí está mi imagen.

Ahora recibe, escucha:
vives, has nacido,
te ha enviado a la tierra el Señor nuestro,
el dueño del cerca y del junto,
el hacedor de la gente,
el inventor de los hombres

(Códice Florentino; textos de los inf. de Sahagún,
Lib. VI, capítulo XVII, Folio 74 v.).

En 1526, el célebre botánico francés Charles De L' Ecluse, mejor conocido como "Clusius", escribe las primeras notas botánicas sobre el vainillero. Esta fecha puede considerarse entonces, el inicio de una cronología formal.

1547. Se termina en idioma náhuatl la "Historia General de las cosas de Nueva España" de Fray Bernardino de Sahagún, donde se habla de la vainilla: "Tlilxóchitl" (Flor Negra). La primera edición traducida al español salió a la luz en Madrid, al parecer en 1569, 1577 ó 1582. Ahí:

"... y en acabando de comer, luego se sacaban muchas maneras de cacaoos hechos muy delicadamente, como son, cacao hecho de mazorcas tiernas de cacao, que es muy sabroso de beber; cacao hecho con miel de abejas; cacao hecho con uaina caztli; cacao hecho con tlilxochil tierno; cacao hecho colorado, cacao hecho bermejo, cacao hecho naranjado, cacao hecho negro, cacao hecho blanco ..." (Ob. cit. Lib. VIII, Cap. XII, No. 39.).

Y se detalla cuando y cómo se sirve, cómo se prepara, quienes lo venden y sus usos medicinales y origen

Hacia 1559, Fray Bartolomé de las Casas consignó también

que el cacao es tenido por moneda en toda Nueva España, y en Yucatán y en otras partes. Un año más tarde, citaba a Tabasco como el lugar de mayor producción, indicando que: "...nan menester cada hora regarse..." Sin embargo, no mencionó a la vainilla ... (Las Casas, 1981).

1563. En "Real Cédula" dada en Madrid a 16 de Agosto, se hace relación de que el Marqués del Valle, Don Hernando Cortés concedió a Andrés de Tapia para su entretenimiento la encomienda de Papan-tla-Turpan, en la que sucedió el hijo Cristóbal de Tapia, que no renta 1000 pesos. Este heredero pedía, y el rey le dio recomendación para ello, que se le proveyese en buenos corregimientos y otros cargos honrosos, no embargante que tuviera el dicho repartimiento de indios. (Véase adelante 1927). (Zavala, 1973).

La Encomienda concedida a Andrés de Tapia por Cortés no era de las mejores, es más, se la dio casi a la fuerza debido a una antigua rivalidad surgida de un juicio de residencia..... si la vainilla hu biese sido negocio en esa época, tal vez ni se la hubiese otorgado!

1571-1576. El Dr. Francisco Hernández, Protomédico de Indias enviado por Felipe II, viaja al nuevo mundo y describe la vainilla en su obra "Historia Natural de Nueva España" La titánica labor intelectual de recuperar sus manuscritos, dispersos por todo el mundo se concluyó apenas en 1985.

"... Del TLILXOCHITL o flor negra

Es planta voluble con hojas como de llantén, pero más carnosas y más largas, de un verde oscuro y que brotan al ternadamente a uno y otro lado del tallo, y vainas largas, angostas, casi cilíndricas, con olor a almizcle o a bálsamo indígena, y de color negro, de donde el nombre. Son éstas calientes en tercer grado, y suelen mezclarse al cacaoatl de igual manera que el mecaxochitl. Dos vainas disuel tas en agua y tomadas avacúan la orina; mezcladas con meca xochitl provocan las reglas, aceleran el parto y atraen las secundinas y los fetos muertos, calientan y tonifican el estómago, disipan la flatulencia, cuecen y adelgazan los humores crudos, fortalecen el cerebro y aprovechan al útero.

Nace en regiones cálidas abrazando a los árboles húme

dos, y da su fruto, las referidas vainas en primavera. Dicen que son éstas remedio contra los venenos fríos y las picaduras frías de animales ponzoñosos, y que, junto con chilli al que se haya quitado la semilla, se mezclan con la bebida de cacacatl para evitar la flatulencia que suele producir..." (Ob. cit. Libro XVIII, cap. X).

Es curioso, pero conforme los españoles fueron conociendo el chocolate comenzaron a formarse de él -tal vez por la diversidad de preparaciones a que se le sujetaba- una serie de opiniones contradictorias a veces muy desfavorables a la tradición de tan extraordinaria bebida. En Hernández se trata todavía de una duda incipiente que no logra vencer su admiración:

"...El uso excesivo de la bebida de cacahóatl obstruye las visceras, descompone el color y ocasiona caqueria y otras enfermedades incurables..." (Ob. Cit. Libro VI, cap. LXXVII).

El empobrecimiento de la opinión española sobre el cacao llega hasta Yucatán; ya en las "Relaciones Histórico Geográficas" de aquella región encontramos que:

"...Los pueblos de la costa son los que han venido a mucha más disminución que los demás, y entiéndase que una de las principales causas ha sido comer malas comidas, como el comer el pescado con poca sal, y beber un brebaje que se llama cacao que se hace de unos granos..." (Relación de Citalcum y Cabioche, por Yñigo Nieto, r.13 de Febrero de 1581).

Se llegó inclusive a calificar al chocolate de bebida "fría", en contra posición a lo dicho por Hernández. Sin embargo, Joseph de Acosta llega a los extremos influenciado tal vez por algún melindroso informante:

"...El principal beneficio de este cacao es un brebaje que hacen que llaman chocolate, que es cosa loca lo que en aquella tierra le precian, y algunos que no están hechos a él les hace asco; porque tiene una espuma arriba y un borbollón como de heces, que cierto es menester mucho crédito para pasarse con ello... usan echarle especias (vainilla) y mucho chilli, también le hacen en pasta, y dicen que es pectoral y para el estómago, y contra el catarro. Sea lo que mandaren, que en efecto los que no se han criado con esta opinión, no le apetecen..." (Hist. Nat. y Moral de las Indias, J. de Acosta, 1590, cap. 22).

Así, el chocolate con vainilla, además de repugnante, pasaba a ser en parte responsable de la mortandad ocasionada por las epidemias de enfermedades que los españoles trajeron de Europa, y resulta interesante señalar que al venderlo así preparado a los franceses, cuando la combinación se creía tan nociva, tal vez tuvo que ver con "una cierta intención política subyacente" de los españoles contra la nación francesa! El caso es que de ambos productos se hacía un activo, selecto y redituable comercio, mientras en España, la bebida pasaba a tomarse "a la canela", porque con vainilla ¡daba pasma! . El resultado más lamentable, es que el chocolate con vainilla es una bebida "eminentemente mexicana". Los prejuicios de aquella época contribuyeron a desnacionalizarla al grado de que hoy, se le da el apelativo de "chocolate a la francesa", que resulta falso por todo lo que hemos visto y obviamente no le corresponde. El único mérito de los europeos consiste tal vez en haberlo preparado con leche y sin chile.

El éxito comercial alcanzado motivó la cacería de estos productos para debilitar el poderío comercial español en su punto vulnerable, el mar, donde en este caso, los corsarios ingleses se distinguen haciendo de las suyas. En 1579, Francis Drake, sólo por circunstancias fortuitas, logra atravesar el Estrecho de Magallanes, arrasando posteriormente numerosos puertos españoles del Océano Pacífico que no estaban preparados para semejante visita. Unos años más tarde, Thomas Cavendish, en 1587 repite la acción de Drake, y en 1589:

"...Es de lo más estimado el cacao en México, frutal de no poca superstición. El cacao es una fruta menor que almendras y más gruesa, y la cual, tostada no tiene mal sabor. Esta es tan preciada entre los indios y aún entre los españoles, que es uno de los ricos y gruesos tratos de la Nueva España, porque como es fruta seca, guárdanse sin dañarse largo tiempo, y traen navíos cargados de ella de la provincia de Guatimala, y este año pasado, un corsario inglés quemó en el puerto de Guatulco, de Nueva España (actual costa de Oaxaca) más de cienmil cargas de cacao..." (J. de Acosta, Ob. Cit., cap. 22).

Según Bouriquet (1954) la vainilla fue llevada de España a Francia en el año de 1604. En 1606 Antonio Carletti montaba la primera fábrica de chocolate en Italia.

1609. En "Real Cédula" dada en Segovia el 18 de Julio, el nieto de Andrés de Tapia hereda la Encomienda de Papantla-Turpan. El mencionado, Andrés de Tapia y Sosa, manifiesta que al presente no renta 300 pesos de oro común. El rey lo recomienda para que se le den cargos. (Zavala, 1973).

1615. Fray Francisco Ximénez, habla sobre la vainilla en "Los Cuatro Libros de la Naturaleza", mencionando las diversas aplicaciones medicinales de la planta:

"... deshechas dos destas vaynillas en agua, y dadas a beber, mueven la orina admirablemente, prouocan el mestruo y mezcladas con el mecaruchitl abreuian el parto, y espelan las pares, y la criatura muerta; calientan y corroboran el estómago; resueluan las ventosidades, cuezen los humores, y los adelgazan, dan fuerza y vigor al cerebro, y sanan los males de madre, dicen que estas mismas vaynillas suelen ser un singular remedio contra los venenos fríos, y contra las mordeduras frías de los animales venenosos, y es una de las mejores aromáticas desta tierra..." (Ob. cit., Méx. 1615 p-5).

1632. Primera Edición de la "Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España" de Bernal Díaz del Castillo, en Madrid, donde se habla del chocolate como un alimento que da fuerzas para todo el día, y de muchos aspectos de éste que se relacionan con la vainilla aún cuando ésta última no se halle en el texto.

1650. Iohanno Bauhino Archiatro reutiliza las notas de Clusius, pero designa al producto aromático con el nombre de Lobus longus aromaticus en su "Historia Plantarum Universalis".

1657. Introducción del Chocolate en Inglaterra.

1658. Willem Piso, en su obra "Historiae Naturalis et Medicinae Indiae Orientalis" utiliza (según Bouriquet, 1954), por vez primera la palabra "Vainilla", de donde se derivaría el nombre del género, para

referirse a las "pequeñas vainas" con que los españoles aromatizaban el chocolate durante su manufactura en tabletas.

1675. Francisco Redi estudia bajo el microscopio, inventado por Hans y Sacarías Hansen en 1590 y modificado para su utilización biológica por Antonio Van Leewenhoek, algunos frutos secos de vainilla, describiendo así el fruto y las semillas.

1676-1681. Guillermo Dampier, bucanero y explorador inglés, anota algunas observaciones importantes acerca de las vainillas observadas por él en Campeche, México y en Boca-Toro, Costa Rica, describiendo cómo son recolectadas las vainas por los indios para los españoles, y el proceso de curación de las mismas, en su obra "A New Voyage Round the World".

1703. En su obra "Nova Plantarum Americanarum Genera", el botánico francés Carlos Plumier, menciona tres especies de vainillas de las Indias Occidentales, omitiendo a la V. planifolia de México, pero utilizando el nombre genérico "Vanilla" como tal, por vez primera.

1722. Antoine de Jussieu hace una comunicación para la "Academia de Ciencias" indicando que la vainilla sólo se conoce de modo imperfecto, pero conserva su nombre genérico.

1733. Lemery, en su "Dictionnaire Universel des Drogues Simples", impreso en París, describe la vainilla añadiendo sus propiedades medicinales.

1739. De acuerdo con el británico Robert Allen Rolfe, quien realizara el primer trabajo monográfico sobre el género Vanilla, la vainilla mexicana se cultivó en este año, o tal vez un poco antes, en Europa, al ser publicada la segunda edición del libro clásico de jardinería: "Miller's Gardener's Dictionary", pero se perdió.

1753. Publicación de la obra clásica "Species Plantarum" de Carlos Linneo, donde el autor utiliza el nombre de vainilla como específico y designa a las tres especies de Plumier, con el binomio: Epidendrum vanilla.

1760. Primera noticia oficial de vainillales cultivados en Papantla y Misantla, Estado de Veracruz, México.

1775. Fusée Aublet, describe la vainilla en su habitat natural, con los métodos de cultivo y curación de los frutos, anotando que existían tres tipos de éstos: grandes, pequeños, y largos, encontrados en las cercanías de Cayena en la Guayana Francesa, en su obra "Histoire des plantes de la Guiane Française".

1784. En el "Indice extractado de todos los Gobiernos, Corregimientos y Alcaldías mayores de la Nueva España por Obispos, Clases, distancias, sus frutos y demás que se menciona con otras varias noticias que van añadidas según el presente sistema" Un escribano de la Oficina de la Contaduría de Tributos, de nombre desconocido, y que ingresó a ella en 1772, dá noticia de que "...Guauchinango dá vainilla y es sede de ferias de la huasteca. (Ms. 366 Bibl. Nac. Méx. sin foliar Zavala, 1973).

1785. Phillip Miller, autor del "Dictionnaire des Jardiniers" y connotado jardinero inglés, cuya obra vá en la 8tava. edición, es el responsable del establecimiento definitivo de la planta de vainilla en los jardines botánicos de Europa.

1793. La vainilla es llevada al "Jardin Botanique des Plantes" de París, e introducida en la Isla de Reunión, al Este de Africa, en el Archipiélago de las Mascareñas, que pertenecía a Francia desde 1643 y se llamó Borbón hasta 1848.

1799. Se acepta y restablece definitivamente el nombre genérico Vanilla, cuando Olof Swartz, botánico suizo distingue dos especies: V. aromatica y V. claviculata.

1800. Alejandro de Humboldt y Aimé Bonpland colectan una vainilla aromática de extraordinaria calidad en el Orinoco, Sudamérica, en las selvas que rodean el "Raudal de Maipure" el 18 de Abril.

1804. Durante su estancia en México, Humboldt anota que en Jalapa y Veracruz ha consultado gentes que tienen 30 años de experiencia en el comercio de vainilla de Misantla, Colipa y Papantla, y compara con ellos la que colectó en el Orinoco. De aquí escribiría un interesante capítulo sobre el tema, que sería publicado más adelante, como parte de su "Ensayo Político sobre el reino de la Nueva España". Humboldt estuvo en Jalapa del 10 al 16 de Febrero, y en Veracruz del 19 de febrero al 7 de marzo, día en que se embarcó para la Habana. El estudio es excelente en cuanto a detalles, sin embargo, en algunos casos los lugares de procedencia de la vainilla que se mencionan están fuera de los límites altitudinales que la planta soporta, a menos, claro, que haya cambiado el clima (Véase Humboldt, 1978), o que los informantes lo hallan engañado.... pues la vainilla de Papantla no figura como la mejor.

1807. Bauer, un famoso ilustrador y dibujante, preparó una "pintura de la planta de vainilla mostrando la flor y el fruto fresco. Fue esta la primera vez que la planta floreció en Europa, para después fructificar. A sabiendas de que necesita irremisiblemente la polinización artificial, todavía no se sabía como fué que esto había sucedido.

De acuerdo con Rolfe (ya mencionado), el Marqués de Blandford reintrodujo la vainilla en Inglaterra, y ésta floreció en la colección del "Right Hon." Charles Greville, en Paddington, siendo descrita y tipificada por Richard Anthony Salisbury, bajo el nombre de Myobroma fragrans Salisb.. En esta ocasión, Salisbury confundió a la verdadera vainilla mexicana, creyendo que se trataba de un ejemplar de las Indias Occidentales. Un año después, Andrews repitió el error. Ambos omitieron la tipificación de la flor. No obstante, el crédito de la especie mexicana es de Andrews, y su descripción original fue publicada en el "Botanists Repository" en 1808.

1811. Se publican las observaciones de Humboldt en "Voyage de Humboldt et Bonpland", en París.

1819. El Jardín Botánico de Antwerp envió dos plantas de vainilla a Buitenzorg en la Isla de Java. De éstas, sólo sobrevivió una, con resultados negativos.

1822. Del "Jardin Botanique des Plantes" de París, se enviaron a la Isla de Reunión, las plantas que habían podido ser multiplicadas. De esta Isla se propagaría después la vainilla a todo el Océano Pacífico e Índico.

1824. Introducción de la vainilla en Madagascar:

"El subcontinente tiene 600 000 Km², mide 2300 Km. de Norte a Sur (entre los paralelos 12° y 25° S.) y 900 km. de Este a Oeste... es poco penetrable y solamente a partir de 1870 han dado los exploradores una idea del conjunto del mismo. Está constituido por un macizo interior de más de 800 metros de altitud, que desciende escalonadamente hacia la costa Oeste, y que cae bruscamente hacia el Este en dos series de acantilados. La costa Oeste, cálida y seca, tiene un clima tropical; la costa Este, cálida y húmeda, un clima ecuatorial. La meseta es más fría. Poblada antiguamente de árboles, la selva virgen abrigaba allí especies hoy día desaparecidas. Los hombres quemaron la selva, y la meseta está hoy casi enteramente desnuda, cubierta de débiles pastos que crecen en la estación de las lluvias sobre un suelo en vías de laterización" (Bertaux, 1972).

Parece probable, que los dramáticos acontecimientos políticos que tuvieron lugar allí, en esos años, hayan acabado con cualquier intento de plantación. Los franceses que ocupaban el territorio fueron exterminados por el Rey Radama. Al morir éste en 1828, fue sucedido por Ranavalona I^a., que controlada por la aristocracia exterminó o exiló a su vez a los británicos en 1835. (Véase Bertaux, 1972).

1829-1830. Al publicarse la primera edición mexicana de la obra de Fray Bernardino de Sahagún en México, Don Carlos María Bustamante, en sus notas a la obra señala que el:

"... cacao hecho con tlilxochitl tierno ..." "... era con vainillas de olor, de donde viene el mezclar la vainilla al chocolate como una parte de la adopción de esta bebida por los europeos. También señala que del Xocnusco se llevaban para la casa real de España, doscientos tercios de cacao (o sea c/u de las dos mitades de la carga de una acémila cuando va en fardos)..."

1835. La vainilla es introducida en la India Oriental, pero las plantas mueren después de florear. Años después sería introducida nuevamente, pero su cultivo nunca ha tenido -hasta hoy- un gran desarrollo en dicha región.

1836. El botánico Charles Morren, de Lieja, Bélgica, identifica la vainilla comercial como Vanilla planifolia Andr., y polinizándola a mano, obtiene frutos por una causa justificada y conocida, por vez primera, en forma experimental, fuera del área natural de la planta, añadiendo que la falta de insectos polinizadores específicos, era lo que había impedido la explotación comercial de la planta fuera de su área original.

1838. Newmann, del Museo de Historia Natural de París, repite la experiencia de Morren con éxito. Es curioso, pero a pesar de que el descubrimiento era demasiado importante desde el punto de vista económico, parece ser que no salió a la luz.

1841. Al margen del trabajo de Morren y de Newmann, Edmund Albius, ex-esclavo de la Isla de Reunión, descubre y aplica con éxito a su vez, la polinización manual artificial de la vainilla. Este descubrimiento es el preludio de la pérdida del control del mercado mundial de la vainilla por parte de México.

1846. Se establecen en Java las bases para el desarrollo sistemático de plantaciones comerciales de vainilla.

1848. El Almirante Hamelin introduce la vainilla de manila en Tahití, donde habría de desarrollarse una gran industria.

1849-1856. El fracaso del cultivo de la Caña de Azúcar en Reunión, propicia que se vuelva importante el cultivo de la vainilla en esta isla. La primera plantación comercial propiamente dicha estaba establecida ya en 1850. Los primeros 50 kg. de vainas fueron enviados a París desde 1848.

1852. Se introduce sin éxito la vainilla en el Congo francés.

1870. De Reunión y de París se envían plantas a Madagascar para establecer la primera plantación comercial de esta isla, donde el cultivo alcanzaría un éxito notable que en poco tiempo lo convertiría en el primer productor del mundo.

1873. Introducción de la vainilla en las Islas Comores, el cultivo se extendió rápidamente en todo el grupo de islas. Los franceses vuelven a intentar el cultivo en el Congo, pero en este país se extiende demasiado lentamente.

1874. El cultivo de vainilla alcanza grandes proporciones en Reunión. Los químicos Tiemann y Hartmann descubren que la coniferina o jugo extraído de los pinos, oxidada con ácido crómico, adquiría el olor de la vainilla, y que, sometido a ciertas reacciones produce la escarcha de cristales, semejante a la que naturalmente da la vainilla más fina.

1877. Las Comores producen sus primeros 58 kg. para exportación.

1880. Introducción de la vainilla en la Isla Mauricio, del Archipiélago de las Mascareñas, en el Océano Indico.

1885. Obtención de la glucovainillina (precursor glucosado de la vainillina natural) a partir de la coniferina por oxidación con CrO_3 , por Tiemann.

1886. La producción de la Isla de Java supera a la de México. Lo mismo ocurre con las Islas Mascareñas; Reunión, Mauricio y Rodríguez, con lo que queda relegado a un tercer lugar en la producción Mundial.

1887. Rengade, médico y herbolario europeo, habla sobre las propiedades medicinales de la vainilla y menciona también las primeras falsificaciones de este producto.

1889. Introducción de la vainilla en las Islas Seychelles, a unos 965 Km. al Noreste de Madagascar. El Archipiélago comprende unas 90 islas, de las que sólo 33 están habitadas. Las principales son: Mahé, Praslin, Silhouette, La Digue y el grupo de las Almirantes.

1890-1895. Tardía introducción de la polinización artificial a México, por familias francesas de Papantla y Misantla. En consecuencia, no se trata de una "tradicción totonaca" como afirman algunos autores.

1893. Introducción de la vainilla en las Islas Almirantes y en las Comores, estas últimas en la entrada septentrional del Canal de Mozambique. El grupo se compone de 4 islas grandes: Grande Comore, Moheli, Anjouan y Mayotte, y varias pequeñas. La primera es la que produce más vainilla. M. Pierret introduce a su vez la planta en Indochina.

1900. Miguel Morrell introduce la vainilla en Puerto Rico.

1909. Establecimiento de la estructura química, y síntesis de la glucovainillina por Fischer y Raske. 10,000 esquejes de vainilla son llevados a la Florida desde Papantla, pero el cultivo no prospera en dicho lugar.

1912. Introducción de los primeros esquejes en Uganda.

1924. Aislamiento de la glucovainillina a partir del fruto verde de la vainilla por Goris.

1927. Francisco Hernández del Castillo, cit. por Zavala, 1973, da la descripción de los que parecen ser los primeros tiempos de la Encomienda de Papantla-Tuxpan, tierra original de la vainilla, incluye en lo que se refiere al servicio personal de Andrés de Tapia, en "Tres Conquistadores y Pobladores de la Nueva España", y dice:

"... Papantla.- Con 14 Estancias; Coatitlán, Coatlán, Pu-
zantla, Tenamaltepéc, Ayotla, Cuaculco, Yztipa, Tlacolula,
Quaotlan, Coapanepa, Papalotla, Tenurtepec, Macotla, Cico-
yan y Zoquitla, con 219 casas, con 421 hombres casados,
106 viudas, y 419 muchachos. Además, Tapoco, Tihuatlán y
Xaltepec. "Tuxpa y Papantla, es todo Sierra, y está uno
del otro a 14 leguas, 50 de México, y 40 de Pánuco. Bue-
nas tierras pero muy enfermizas"...."

1929. La producción de Madagascar alcanza la cifra récord
de 1091 toneladas, que es superior -para ese año- al consumo total mun-
dial. Antalaha es el centro de producción más importante del mundo, al
cual siguen, en la misma isla, Nosy-Bé, Maroantsetra y Mahanoro.

Publicación de: "Physiological investigations on orchid
seed germination" de L. Knudson, y de "Non-symbiotic germination of or-
chids" de R.V. La Garde., pioneros de la propagación de las orquídeas
fuera de su ambiente natural a partir de semillas en medios de labora-
torio.

1932-1934. México registra los rendimientos de vainilla be-
neficiada por hectárea más bajos de los últimos 60 años (1925-1985), no
logrando producir más de 12 kg. por hectárea. *FIGS. 2 y 8*

1940. Por primera vez supera México las 200 toneladas anua-
les de producción de vainilla beneficiada a nivel nacional (18.3 % de la ^{*FIG. 5*}
producción de Madagascar en 1929).

1941. Primer Decreto Presidencial en México destinado a re-
glamentar el comercio, corte y beneficio de la vainilla, promulgado el
23 de Julio, sólo permaneció dos años en vigor y fue derogado sustitu-
yéndose con otro.

1943. Nuevo Decreto Presidencial en México, que substituye
al anterior, con el fin de proteger la calidad de la vainilla y regular
su comercialización, promulgado el 8 de Marzo. (Véase Herrerías, 1980).

1944. Francisco Giral analiza las vainillas procedentes de
todo el mundo y determina que la mejor es la de Papantla, encontrando
ejemplares hasta con 5.40 % de vainillina. Es miembro de la "Sociedad

Mexicana de Historia Natural". Pero carece de elementos de juicio para poder indicar las razones de la preeminencia de la calidad por la ubicación geográfica de Papantla, aunque intuye que ésta es la razón. En este año, Puerto Rico logra su máxima cosecha de vainilla (6000 lbs.) y a partir de este momento tiene serios problemas con la podredumbre de las raíces (Fusarium batatas var. vanillae Tuoker).

1945. Se celebra en México la "Primera Convención Nacional de Vainilleros", en Gutiérrez Zamora, Veracruz, del 25 al 29 de abril, estableciéndose acuerdos y especificaciones para mejorar y conservar la calidad de la vainilla mexicana en un intento por conservar un lugar en el mercado mundial, después de que muchos productores voraces habían adulterado, falsificado o depreciado la calidad de los embarques para exportación. Mientras tanto, en Puerto Rico, muchísimos productores abandonan sus vainillales al no existir un método de control sobre el hongo causante de la podredumbre de la raíz (entre el 40 y el 50 % de las plantaciones estaban enfermas).

1948. México logra su máxima exportación de vainilla beneficiada en los últimos 60 años, alcanzando la cifra de 311.125 TM TN (28.52 % de la producción malagache de 1929).

1950. Obtención del ácido vaníllico a partir de la vainillina natural por oxidación con óxido de plata, o fusión cáustica controlada por Pearl. Lewis Knudson publica "Germination of Seed of Vanilla" (Amer. Jour. of Bot. 37:3: 421-427) en el mes de Marzo, trabajo pionero en la creación de nuevos híbridos de vainilla y de la genética de la planta.

1954. Publicación del trabajo monográfico más completo que hasta la fecha se ha realizado acerca del género Vanilla: "Le Vanillier et la Vanille dans le Monde" de Gilbert Bouriquet, donde se reconocen y tipifican en detalle 110 especies.

1956. Vainillina sintética a partir del eugenol y/o guayacol por Sørensen y Mehlum. La superficie cosechada de vainilla en México al-

canza su valor máximo en 60 años: 8934 Ha. ¹⁹⁶⁴

1956-1960. México alcanza los valores de producción de vainilla beneficiada más elevados de su historia (Logrando producir casi 278 Tn. en el año de 1958¹⁹⁵⁸; nótese que la exportación máxima, de 1948¹⁹⁴⁸ sobrepasa este valor, lo que se debe a la acumulación de excedentes de otros años, ya que el ciclo económico y el ciclo agrícola de este cultivo generalmente no coinciden). Es en este mismo año cuando las ventas de vainilla de México alcanzan también su "valor relativo económico tope" de los últimos 60 años, con un equivalente de 902.948.00 millones de pesos (Vol. Fis. Millones de pesos \$/1980¹⁹⁸⁰).

1958. Leopold, A.C. por un lado, y Mitchell, J.W. y Col. inician los intentos para producir partenocárpicamente la fructificación de la vainilla con auxinas, para evitar los costos de la polinización manual.

1959. Obtención del Piperonal por oxidación del isosafrol por Elair. El compuesto se encuentra en la vaina verde de vainilla natural y actúa en la protección del fruto como pediculicida.

1959-1967. Se intenta perfeccionar la producción de frutos de vainilla por partenocarpia inducida con hormonas vegetales aplicadas mediante nebulizaciones a las plantas en flor. Los frutos se obtienen, similares a los normales, pero su contenido en vainillina -presente sólo en trazas-, no justifica hasta hoy ni la metodología ni la inversión. Sin embargo, lo importante aquí es que se puede deducir que la reproducción sexual es imprescindible para la síntesis de los productos aromáticos de la vainilla, tanto mejor, conforme más óvulos sean fecundados, y especialmente, si la polinización artificial es cruzada. (Véase la sección de FLORACION Y POLINIZACION).

1961. La República Malagache produce rendimientos de 3 a 4 toneladas de vainilla verde por hectárea, mientras México logra apenas 200 o 300 kg. en la misma unidad de superficie¹⁹⁶¹. Es muy posible que el éxito malagache se deba a trabajo genético que no ha sido divulgado, a

nuevos métodos de cultivo que por la misma razón económica nos son desconocidos, y/o a ventajas climatológicas con las que no contamos en México (Todos estos puntos son detalladamente desarrollados a lo largo de esta Tesis).

1962. Una helada destruye gran parte de los vainillales de la principal zona productora mexicana. Craig y Logan patentan para la "Ontario Paper Company" un procedimiento para obtener vainillina sintética a partir de los compuestos lignosulfónicos ácidos que resultan de la fabricación industrial del papel.

1963. El Ing. Montoya Hernández, describe detalladamente la tecnología tradicional de los principales tipos de vainillales de México, y su forma de explotación, distribución de plantas y preparación de abono orgánico-mineral, anotando los gastos que se derivan de cada tipo de labor realizada, y la forma de regenerar con plantas de vainilla, plantaciones agotadas e improductivas, de diversos productos tropicales.

1965. Los Estados Unidos, principal comprador de México en el exterior, promulgaron normas federales relativas al extracto de vainilla, que prohíben toda adulteración de este producto.

1970. Un autor anónimo sugiere que México debe recuperar la primacía del mercado mundial de la vainilla aprovechando que la República Malagache ha sufrido en 1969 la peor plaga en la historia del cultivo en aquel país, sin observar que nunca existió la infraestructura tecnológica necesaria, ni la disposición burocrática para que esto se pudiese realizar.

1974. Considerable reducción de la producción de vainilla de Madagascar por problemas políticos e invasión de los cultivares por la enfermedad de la pudrición de la raíz, como en Puerto Rico en 1944-45.

1975. De acuerdo con la DGEA, México queda fuera del mercado internacional de la vainilla al suspenderse la exportación; en contraposición con esta información, el CIESPA, de la SARH, declara una exporta-
FIG. 6

ción final de 290.520 Tn. de vainilla para este año. Si el dato es verídico, este valor sería el segundo máximo de exportación de la producción registrada de vainilla mexicana. Para 1976, ambas dependencias coinciden en que se suspende la exportación. A partir de este año y hasta 1983, Mé^{116.6}xico no ha logrado que sus exportaciones excedan las 8 toneladas anuales.

A pesar de la reputación de alta calidad de la vainilla mexicana, los defectos de la comercialización de que es objeto, y las irregularidades de la producción, provocan que en este año se coticie al precio más bajo del mercado de Nueva York, donde en algunas ocasiones había estado dando la pauta para los precios tope. La caída de su valor comercial es tan fuerte, que mientras la tahitiana cuesta 24.75 US \$/Kg., la mexicana sólo vale 15.95 US \$/Kg.

México importa 31.990 Tn. de vainilla beneficiada y exporta su última tonelada en existencia

1977. Uganda exporta su última tonelada de vainilla En Mayo se realiza en México una "Asamblea de Productores de Vainilla", donde se analiza la fuerte disminución de la mano de obra que se puede emplear en el cultivo. Curiosamente en este mismo año, la DGEA informa que la producción de vainilla se incrementó significativamente por un "aumento excepcional" del rendimiento medio nacional del cultivo. En este marco, son las compañías trasnacionales, Herdez y Mc-Cormiok las que financian la mayor parte de la producción mexicana de vainilla estableciendo créditos y un precio de garantía. Por su parte, Coca-Cola de México establece un convenio con la "Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT)", para aportar financiamiento y tecnología, mientras el organismo gubernamental legisla sobre la disponibilidad y manejo de la superficie a cultivar.

1978. Después de 54 años de estabilidad relativa, el precio de la vainilla mexicana se dispara al alza de modo sorprendente, recuperando el cultivo la rentabilidad.

1979. La importación de vainilla alcanza su valor máximo en

México^{Fig. 7} (32.427 Tn.), porque en este año se produce la peor cosecha de vainilla beneficiada de los últimos 60 años^{Fig. 5}. En consecuencia, también se tiene la peor venta en la historia nacional del cultivo (29.250 millones de pesos en vól. ffs. \$/1980). Una circular del "Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA)" explica que el aumento de la demanda y del precio de la vainilla se debe a que se prefiere el producto natural y a que su área de cultivo y producción ha quedado notablemente reducida.

1980. El precio medio rural de la tonelada de vainilla beneficiada mexicana se eleva hasta los \$ 3,250,000.00 pesos, según la DGEA, mostrando hasta hoy, una marcada tendencia al alza.

1982. El rendimiento de vainilla beneficiada por hectáreas de México se dispara hasta $152 \frac{1}{4}$ Kg/Ha. por la aplicación de nuevas tecnologías que deben, con toda seguridad, iniciar una fuerte tendencia positiva para un futuro inmediato^{Fig. 5}. No obstante esto, la superficie cosechada^{Fig. 4} cae en este año a su valor mínimo en 60 años, sólo 220 Ha.

1984. El desarrollo tecnológico del cultivo de la vainilla en otras partes del mundo, permite que algunos países, como Madagascar, eleven sus rendimientos de vainilla verde hasta las 5 Tn. por hectárea, mientras en México, la Universidad Veracruzana informa que la pauperización de las condiciones ecológicas de la zona vainillera sólo puede ser contrarrestada aplicando el riego como requisito —ahora indispensable— para el cultivo. El criterio es verídico pero unilateral.

La agencia de noticias "United Press International (UPI)" distribuyó una noticia falsa, desacreditando a la vainilla mexicana, para provocar la reducción de su precio, aduciendo que ésta, se encontraba contaminada por un aditivo hepato-tóxico llamado coumarina. Se trata de un saborizante e insecticida natural, con olor parecido a la vainilla, prohibido desde hace 30 años en los EEUU, y que nada tiene que ver

ni con la vainilla sintética ni con la natural, pues se obtiene de la aspérula, una Rubiácea, el trébol dulce, o la semilla de la sarapia; Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.. La SARH, informó erróneamente que las muestras realmente contaminadas provenían de vainillina sintetizada a partir de coniferina.....mientras tanto, la campaña de descrédito ha cumplido satisfactoriamente su función, y en la confusión creada, la gente discute si es la vainilla sintética, o la natural, o ambas, la que produce cáncer! En la bibliografía hemos consignado varias obras importantes que consignan productos cancerígenos, teratógenos, mutágenos u oncógenos, pero no hemos encontrado mención alguna acerca de la vainillina -natural o sintética- como poseedora de alguna de estas propiedades. Muy posiblemente la vainillina en estado de pureza tal vez sea capaz de incrementar en el organismo la formación de células aberrantes, lo que ocurriría en menor escala al tomarla mezclada con las resinas, aromáticos y precursores químicos que acompañan al extracto natural. Empero, todo esto está por comprobarse

1985. El análisis estadístico jerarquizado de los rendimien-
tos de vainilla beneficiada, contra la superficie cosechada, para los
últimos 60 años de producción en México, muestra que los incrementos de
la superficie cosechada son inversamente proporcionales al rendimiento
medio del cultivo por unidad superficial, lo que indica que el área
vainillera óptima -para obtener buenas cosechas-, hablando de México en
general, es -independientemente de cualquier causa- cada vez más redu-
cida. Las causas se estudian a lo largo de esta tesis.

NOTA: Veremos enseguida los datos estadísticos de vainilla con que hoy se cuenta en nuestro país, mismos que una vez presentados, son sometidos al análisis estadístico clásico y graficados para su mayor comprensión; he aplicado un tratamiento especial al rendimiento, jerarquizándolo en forma artificial para dar a conocer el comportamiento específico de este aspecto en todos los años registrados. Por último, tabulé el rendimiento real promedio obtenido según diferentes superficies cosechadas, para todo el periodo estudiado y lo comparé con el máximo obtenible teórico en condiciones ideales de cultivo. Por comodidad, las observaciones más importantes inherentes al material presentado en las próximas páginas, ya han sido incluidas en la sección cronológica que acabo de exponer.

DATOS DEL ANALISIS ESTADISTICO

MURAJE

VAINILLA BENEFICIADA (1925-1982)

año	Superficie cosechada mil. ha.	Rendimiento promedio Kg/ha	Producción Ton.	Precio \bar{x} rural \$ por Ton.	Valor rural de la Prod. \$
1925	4.688	17.362	81.393	24000	1959198
1926	4.586	15.882	72.833	19000	1385532
1927	4.480	18.103	81.101	14000	1096696
1928	4.320	14.433	62.351	7000	441735
1929	4.678	22.827	106.787	9000	911703
\bar{x} 25-29	4.550	17.779	80.893	14000	1158973
1930	4.653	21.807	101.467	10000	964313
1931	4.527	17.053	77.197	13000	1006341
1932	4.372	10.874	47.542	12000	570529
1933	4.470	12.970	57.978	12000	694500
1934	4.411	11.995	52.908	14000	737209
\bar{x} 30-34	4.487	15.025	67.418	12000	794578
1935	4.607	26.654	122.796	14000	1684617
1936	4.231	23.607	99.882	13000	1271359
1937	4.046	28.777	116.431	16000	1892972
1938	4.263	20.400	86.968	23000	2015002
1939	4.489	37.622	168.885	26000	4432796
\bar{x} 35-39	4.327	27.500	118.992	19000	2259349
1940	4.701	43.944	206.583	40000	8210486
1941	5.116	10.316	52.775	60000	3185487
1942	5.844	25.486	148.942	79000	11800984
1943	5.942	22.685	134.796	57000	7681206
1944	6.307	13.552	85.473	60000	5152284
\bar{x} 40-44	5.582	22.521	125.714	57000	7206089
1945	5.735	10.839	62.160	87000	8210428
1946	5.976	30.355	181.400	72000	7987512
1947	6.633	38.825	257.527	61000	8035958
1948	6.776	20.339	137.815	63000	8016903
1949	4.843	31.768	153.852	61000	10627721
\bar{x} 45-49	5.993	26.456	158.551	66000	8575704
1950	5.285	30.972	163.688	50000	8210428
1951	5.296	29.509	156.280	51000	7987512
1952	5.331	30.854	164.484	49000	8035958
1953	6.309	25.482	160.765	50000	8016903
1954	6.421	30.822	197.907	54000	10627721
\bar{x} 50-54	5.728	29.439	168.625	51000	8575704

año	Superficie cosechada mil. ha.	Rendimiento promedio Kg/ha	Producción Ton.	Precio \bar{x} rural \$ por Ton.	Valor rural de la Prod. \$
1955	6.903	29.888	206.318	62000	12731396
1956	8.934	29.916	267.272	61000	16351140
1957	8.767	29.081	254.953	63000	16100523
1958	8.801	31.568	277.830	65000	18082915
1959	8.436	31.871	268.866	66000	17763885
\bar{x} 55-59	8.368	30.479	255.048	64000	16205972
1960	8.289	33.291	275.949	70000	19278669
1961	7.130	32.543	232.033	93000	21473753
1962	6.286	32.110	201.845	104000	21051153
1963	2.544	36.119	91.886	108000	9892532
1964	2.580	34.884	90.000	109000	9807143
\bar{x} 60-64	5.366	33.236	178.343	91000	16300650
1965	2.601	36.000	93.636	110000	10299478
1966	2.650	36.000	95.400	110000	10464480
1967	2.404	27.977	67.257	100000	6725700
1968	2.193	27.027	59.270	110000	6511440
1969	2.060	25.000	51.500	110000	6658750
\bar{x} 65-69	2.382	30.820	73.413	105000	7742994
1970	1.167	42.125	49.161	121000	5946921
1971	1.573	42.594	67.000	150000	10048350
1972	1.577	29.169	46.000	213000	9780000
1973	1.460	30.137	44.000	196000	8616000
1974	0.850	34.118	29.000	170000	4930000
\bar{x} 70-74	1.325	35.496	47.032	167000	7864254
1975	1.083	31.394	34.000	172000	5840000
1976	1.360	30.882	42.000	296190	12440000
1977	0.817	91.799	75.000	190930	14325000
1978	0.378	42.328	16.000	886000	14200000
1979	0.415	21.687	9.000	1845000	16200000
\bar{x} 75-79	0.811	43.403	35.200	678424	12601000
1980	0.412	50.971	21.000	3250000	68250000
1981	0.217	45.622	99.000	323000	31950000
1982	0.220	152.250	34.375	475000	52229000
\bar{x} 80-82	0.283	82.948	51.458	1349333	50809667

VAINILLA BENEFICIADA (1925-1982)

año	Volumen Físico millones de \$/ 80	COMERCIO EXTERIOR		Eventos relevantes
		Importación Tn.	Exportación Tn.	
1925	264.527	-	146.728	
1926	236.707	-	119.968	
1927	263.578	-	110.574	
1928	202.641	-	110.873	
1929	347.058	-	93.695	
\bar{x} 25-29	262.902	-	116.368	
1930	329.768	1.874	148.758	
1931	250.890	1.010	144.145	
1932	154.512	1.290	113.710	
1933	188.429	1.428	54.203	
1934	171.951	1.762	94.826	
\bar{x} 30-34	219.109	1.473	111.128	
1935	399.087	2.008	77.526	
1936	324.617	1.484	163.066	
1937	378.401	1.651	146.046	
1938	282.646	1.342	152.473	
1939	548.876	2.209	123.240	
\bar{x} 35-39	386.724	1.739	132.470	
1940	671.395	0.674	213.385	
1941	171.519	1.212	213.383	
1942	484.062	0.282	66.216	
1943	438.087	0.682	116.090	
1944	277.787	0.401	226.761	
\bar{x} 40-44	408.571	0.650	167.167	
1945	202.020	1.126	83.438	
1946	589.550	1.300	83.878	
1947	836.963	1.722	220.235	
1948	447.899	0.961	311.125	
1949	500.019	4.781	126.725	
\bar{x} 45-49	515.019	1.979	165.080	
1950	531.986	0.528	114.742	Obtención del ácido vanílico a partir de vainillina natural.
1951	507.910	0.205	137.186	
1952	534.573	1.111	158.416	
1953	522.486	0.047	220.694	
1954	643.198	0.032	134.054	
\bar{x} 50-54	548.031	0.385	153.018	

año	Volumen físico millones de \$/ 80	COMERCIO EXTERIOR		(48) Eventos relevantes
		Importación Tn.	Exportación Tn.	
1955	670.534	0.056	113.473	Vainillina sintética a partir del eugenol o guayacol.
1956	868.634	0.001	89.553	
1957	828.597	0.002	119.829	
1958	902.948	0.002	109.236	
1959	873.815	0.001	151.210	
\bar{x} 55-59	828.906	0.012	116.660	
1960	896.834	0.001	118.276	Vainillina sintética a partir de compuestos lignosulfónicos ácidos. Procedimiento patentado para la Compañía Papelera de Ontario. (d) Inicio de la crisis agrícola en Mé- xico.
1961	754.107	0.001	103.019	
1962	655.996	-	36.898	
1963	298.636	0.002	22.255	
1964	292.500	-	17.400	
\bar{x} 60-64	579.615	0.001	59.970	
1965 ^d	304.317	0.010	38.605	
1966	310.050	0.010	22.196	
1967	218.585	-	70.314	
1968	192.628	4.251	53.571	
1969	167.375	0.017	17.921	
\bar{x} 65-69	328.592	0.858	40.521	
1970	159.773	7.581	22.660	
1971	217.750	15.598	22.626	
1972	149.500	8.862	29.195	
1973	143.000	12.612	30.777	
1974	94.250	0.280	290.520	
\bar{x} 70-74	152.854	8.987	79.156	
1975	110.500	31.990	-	Aumento excepcional en el rendimiento \bar{x} nacional del cultivo.
1976	136.500	0.240	-	
1977	243.750	0.140	7.556	
1978	52.000	23.636	6.715	
1979	29.250	32.427	0.658	
\bar{x} 75-79	114.400	17.669	4.392	
1980	68.250	11.458	0.044	
1981	321.750	21.639	0.386	
1982	111.719	15.670	0.609	
\bar{x} 80-82	167.240	16.256	0.346	

FUENTES: DGEA (1983); SARH-ONU-CRPAI (Banco de Datos "SIPA", 1983); MERCK & CO. INC. (1976); SCHULNVAR (1976).

NOTA: De 1970 a 1974 se incluye extracto de vainilla; en los años siguientes la fracción desaparece. A partir de 1970 el volumen exportado de extracto de vainilla incluye el envase. Es usual que el aspecto productivo del ciclo agrícola de la vainilla no coincida con las fechas de comercialización y que por lo tanto, en algunos años se exporten remanentes de cosechas anteriores.

NOTA: El parámetro "Volumen Físico en millones de pesos/ 1980" ha sido calculado por mi. Corresponde a una estandarización de los precios de todas las cosechas de vainilla, de todos los años consignados, que permite hacer comparaciones de acuerdo a un valor único que elimina la variabilidad del precio de nuestra moneda. Los valores representan el "Precio medio rural" transformado al precio del año 80, lo que permite hacer comparaciones.

NOTA: Los últimos datos disponibles de la DGEA (1983) son sólo para vainilla verde:

Superficie Cosechada	395 Hectáreas
Rendimiento medio	408 Kg/Ha.
Producción Total	161 Tn.
Precio Medio Rural	\$ 800,000.00 Tn.
Valor Miles \$/80	\$ 128,800.00

(Fuente: Agenda Agropecuaria DGEA, 1983).

NOTA: La Superficie cosechada, la producción, exportación, importación, rendimientos y el volumen físico/80, se grafican para todo el periodo de datos (Véase adelante); cuando las fuentes bibliográficas no coinciden, como en el caso de la exportación, he marcado con negro los datos que corresponden a los registros del "SIPA", banco de datos SARH-ONU-CEPAL (1983). Las observaciones pertinentes que emanan de dichas gráficas, han sido incluidas previamente en la sección cronológica de la historia de la vainilla.

CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD ANUAL DE LOS RENDIMIENTOS DE VAINILLA MEXICANA
BENEFICIADA

CRITERIOS JERÁRQUICOS (Kg/ha) FIGURA 2

MUY BUENOS	50 o más	\bar{X} + desviación std./1
BUENOS	42 a 49	\bar{X} + desviación std./2
REGULARES	37 a 41	\bar{X} + desviación std./4
PROMEDIOS	30 a 36	$\bar{X} = 32.9243$
BAJOS	25 a 29	\bar{X} - desviación std./4
MUY BAJOS	16 a 24	\bar{X} - desviación std./2
PÉSIMOS	15 o menos	\bar{X} - desviación std./1

Se calculó una Media (\bar{X}) para cada quinquenio (periodo 1925-1982)

La desviación standard es de: 17.513791

Todos los valores se redondearon a números enteros.

DATOS TÉCNICOS DE LAS JERARQUÍAS DE RENDIMIENTO ANUAL

MUY BUENOS (50 o más Kg/ha) (3 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1977	92	0.817	75.000
1980	51	0.412	21.000
1982	152	0.220	34.375

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = 78.154 x + 5.710$

Índice de correlación = 0.847

BUENOS

(42 a 49 Kg/ha) (5 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1940	44	4.701	206.583
1970	42	1.167	49.161
1971	43	1.573	67.000
1978	42	0.378	16.000
1981	46	0.217	99.000

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = 34.663 x + 31.839$
Indice de correlación = 0.863REGULARES

(37 a 41 Kg/ha) (2 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1939	38	4.469	168.885
1947	39	6.633	257.529

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = 41.345 x + (-16.713)$
Indice de correlación = 1.000PROMEDIOS

(30 a 36 Kg/ha) (20 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1946	30	5.976	181.400
1949	32	4.843	153.852
1950	31	5.285	163.688
1952	31	5.331	164.484
1954	31	6.421	197.907
1955	30	6.903	206.318
1956	30	6.934	267.272
1958	32	8.801	277.830
1959	32	8.436	268.866
1960	33	8.289	275.949
1961	33	7.130	232.033
1962	32	6.286	201.845

cont.

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
..... 1963	36	2.544	91.888
1964	35	2.580	90.000
1965	36	2.601	93.636
1966	36	2.650	95.400
1973	30	1.460	44.000
1974	34	0.850	29.000
1975	31	1.083	34.000
1976	31	1.360	42.000

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = 30.748 x + 5.268$
 Índice de correlación = 0.996

BAJOS

(25 a 29 Kg/ha) (10 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1935	27	4.607	122.796
1937	29	4.046	116.431
1942	25	5.844	148.942
1951	29	5.296	156.280
1953	26	6.309	160.765
1957	29	8.767	254.953
1967	28	2.404	67.257
1968	27	2.193	59.270
1969	25	2.060	51.500
1972	29	1.577	46.000

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = 28.139 x + (-2.866)$
 Índice de correlación = 0.991

MUY BAJOS

(16 a 24 Kg/ha) (11 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1925	17	4.688	81.393
1926	16	4.586	72.833
1927	18	4.480	81.101
1929	23	4.678	106.787
1930	22	4.653	101.467

cont.

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
..... 1931	17	4.527	77.197
1936	24	4.231	99.882
1938	20	4.263	86.968
1943	23	5.942	134.796
1948	20	6.776	137.815
1979	22	0.415	9.000

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = 0.209 x + 87.473$
 Índice de correlación = 0.098 (no es significativo).

PÉSIMOS

(15 o menos Kg/ha) (7 años)

año	rendimiento Kg/ha	superficie cosechada miles de ha	producción Tn
1928	14	4.320	62.351
1932	11	4.372	47.542
1933	13	4.470	57.978
1934	12	4.411	52.908
1941	10	5.116	52.775
1944	13	6.307	85.473
1945	11	5.735	12.160

Superficie cosechada (x) vs. Producción (y):

Ecuación de la recta de regresión lineal: $y = -0.032 x + 60.506$
 Índice de correlación = -0.038 (no es significativo).

FIGURA 3

PRODUCCIÓN NACIONAL PROMEDIO CALCULADA DE VAINILLA BENEFICIADA EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE COSECHADA DURANTE 58 AÑOS DE CULTIVO (Toneladas)¹

Superficie cosechada miles ha.	Cuando la siembra sigue criterios empíricos en la selección de las áreas de cultivo ¹	Cuando la siembra se hace seleccionando científicamente dichas áreas ¹	Incremento porcentual en la producción total entre el 1er. y el 2do. método.
00.1	8.343	13.525	162 %
00.5	20.642	44.787	217 %
01.0	36.016	83.864	233 %
02.0	66.764	162.018	243 %
03.0	97.512	240.172	246 %
04.0	128.260	318.326	248 %
05.0	159.008	396.480	249 %
06.0	189.756	474.634	250 %
07.0	220.504	552.788	251 %
08.0	251.252	630.942	251 %
09.0	282.000	709.096	251 %
10.0	312.748	787.250	252 %
	Esperable en 34.48 % de cada 58 años con 32.9 Kg/ha. de rendimiento promedio	Esperable en 5.17 % de cada 58 años con 98.3 Kg/ha. de rendimiento promedio	

FIGURA 4

SUPERFICIE COSECHADA NACIONAL (Periodo 1925-1983)

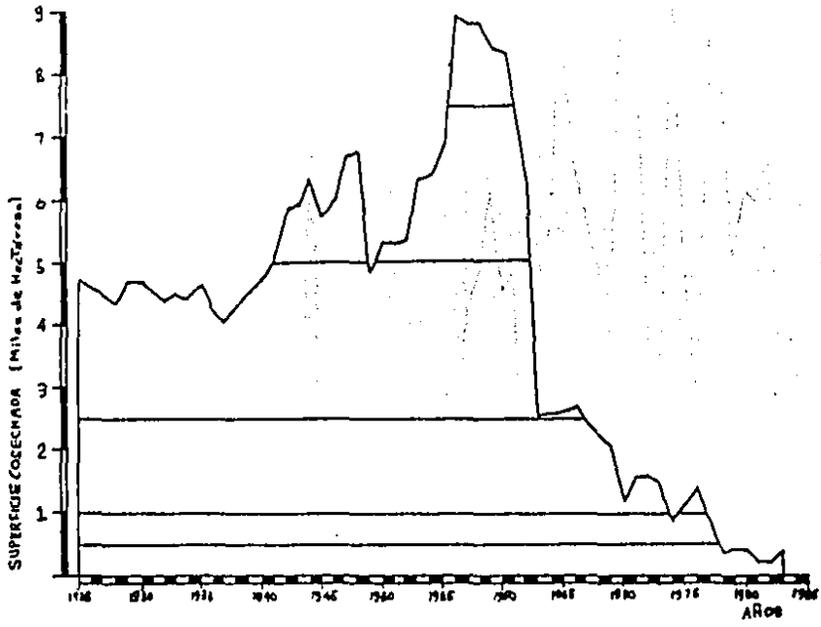


FIGURA 5

PRODUCCIÓN DE VAINILLA BENEFICIADA (Periodo 1925-1983)

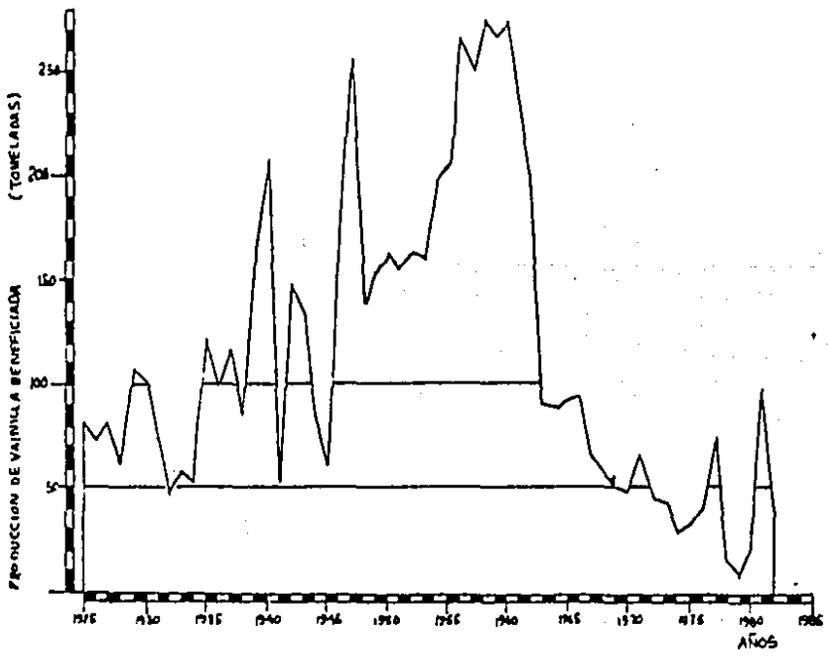


FIGURA 6
EXPORTACIÓN

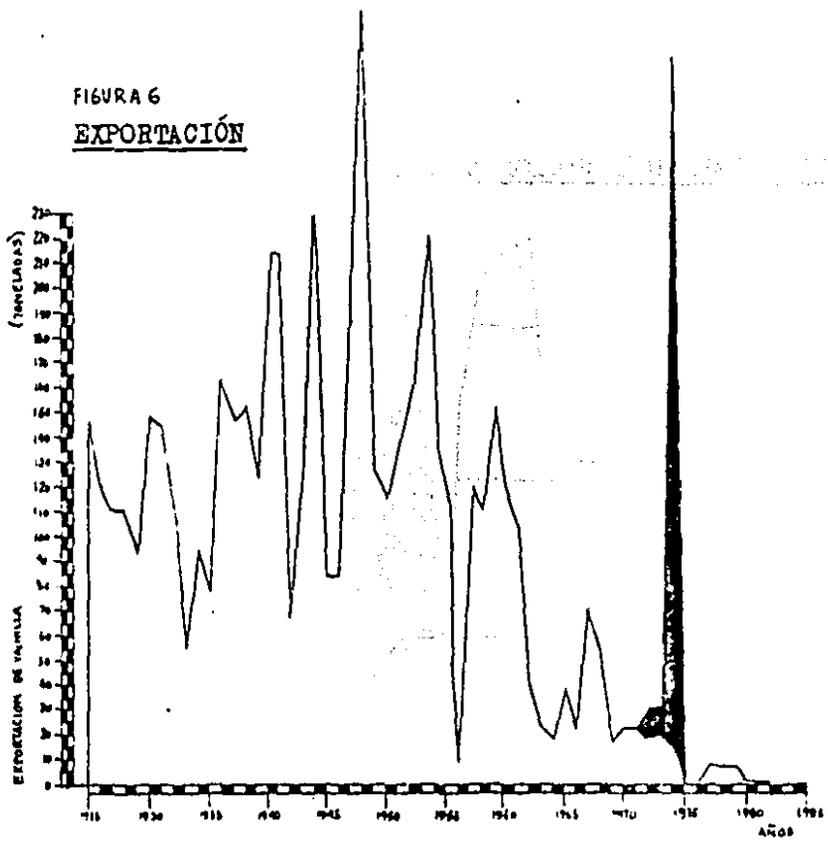


FIGURA 7
IMPORTACIÓN

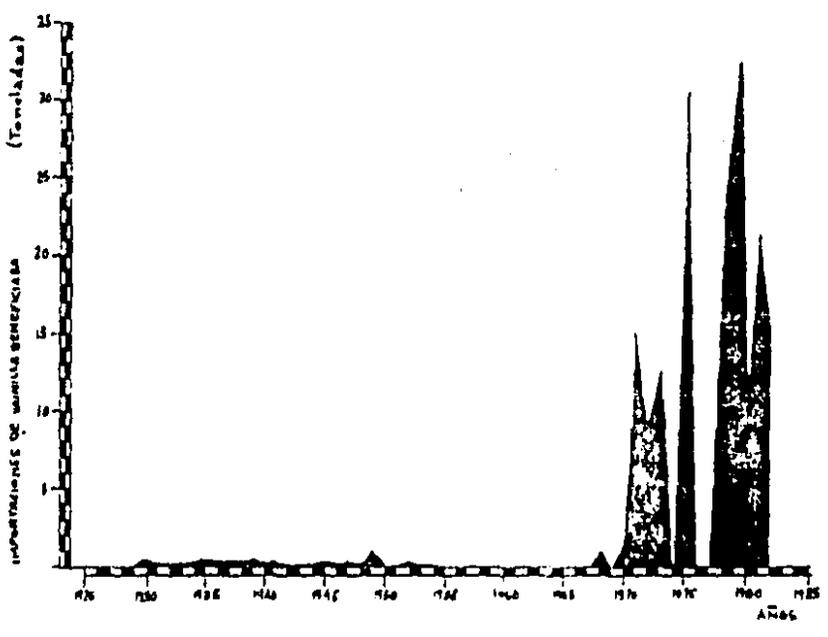


FIGURA 8

RENDIMIENTOS Y SU CLASIFICACIÓN DURANTE 58 AÑOS (1925-1983) ⁵⁷

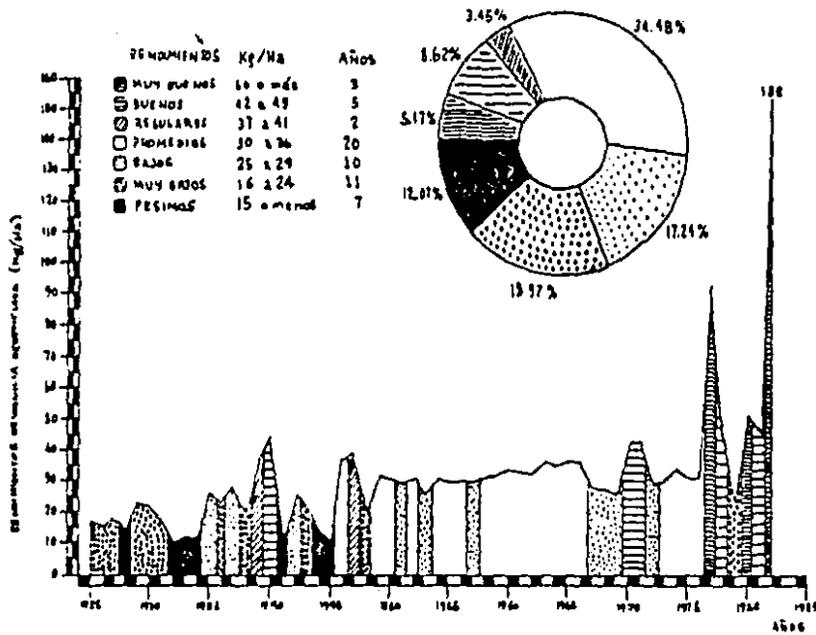
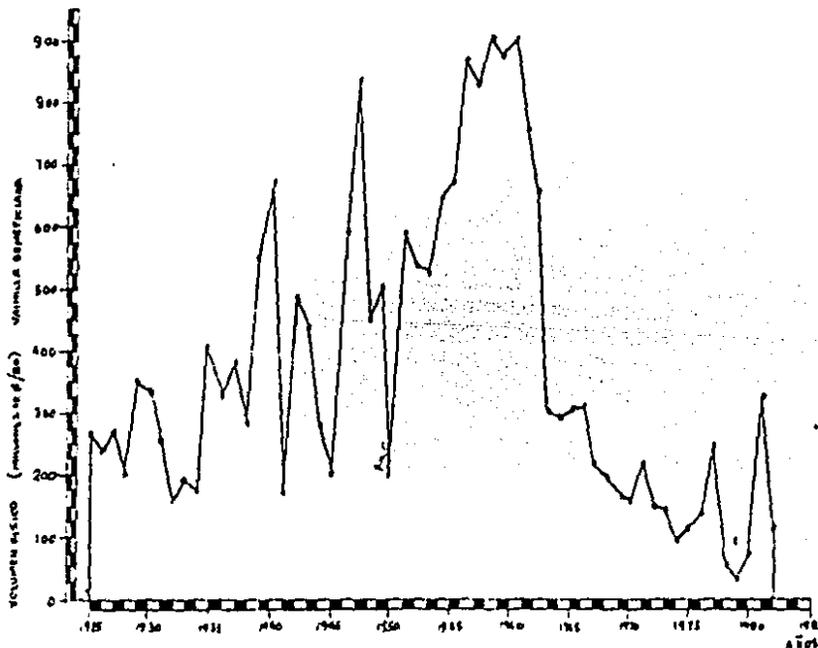


FIGURA 9

VOLUMEN FÍSICO (Millones de pesos/ 1980) (V. beneficiada)



CAPÍTULO SEGUNDO

AGRICULTURA DE LA VAINILLA

AGRICULTURA DE LA VAINILLA

La repartición permanente en zonas de ciertas áreas para ciertos tipos de agricultura, y la determinación experimental de los tipos de cultivos apropiados para una región o sección particulares, son cuestiones que no deben dejarse a la conjetura, la suerte o la ciega iniciativa individual; son por el contrario complicadas cuestiones técnicas en las que son posibles respuestas objetivas.....

Levis Mumford

La naturaleza brinda con la vainilla una muestra contundente de agricultura, entendida como arte y ciencia de hacer producir a la tierra lo que en cantidad y calidad no produce de manera espontánea, gracias al trabajo inteligente del hombre

Al planificar el establecimiento de una plantación de vainilla es necesario considerar cuidadosamente la elección de la localidad. La plantación deberá situarse en una región donde exista suficiente mano de obra barata, preferentemente calificada, puesto que la mayor parte de los costos de labor del cultivo se debe fundamentalmente a la necesidad del trabajo manual. Tanto por esto, como por las limitantes climatológicas específicas del cultivo (que especificamos más adelante en un capítulo especial), las mas grandes plantaciones han sido desarrolladas en el Hemisferio Este, en lugares aislados con una gran población nativa. En la América tropical, la ausencia de mano de obra barata ha sido uno de los impedimentos principales para el establecimiento de grandes vainilleras, como lo ha sido también, para otros cultivos tropicales. En estas condiciones, la mayor parte de la vainilla comercial de América es producida por pequeños granjeros independientes cuyas familias, posiblemente contratando ayudantes eventuales, hacen todo el trabajo. Todavía subsiste la recolección de vainillas a partir de plantas silvestres en muchas localidades (Mod. de Correll, 1944).

En la naturaleza, la vainilla se encuentra por lo común trepando sobre los árboles de los pantanos, en lo húmedo de la espesura de las selvas y los bosques mixtos de las regiones bajas y en las regiones

herbáceas donde existe luz filtrada o sombra parcial, y soporte sobre el cual pueda trepar. La planta parece crecer bien desde el nivel del mar, hasta arriba de los 600 metros de altitud, pudiendo encontrarse en México hasta los 1050 metros, en aquellas zonas donde las corrientes ascensionales naturales de aire cálido-húmedo, modifican el clima que definiría por sí sola la simple altitud (Mod. de Correll, 1944).

Estas condiciones específicas deben ser buscadas o —en lo posible— imitadas, para obtener los mejores resultados en la vainillería, pero buscando por supuesto que, aunque las plantas se desarrollen tanto como lo hacen en estado salvaje, no crezcan fuera del alcance manual de los trabajadores de la plantación, ni tanto que estorben el paso durante la labor. Sólo así puedan ser polinizadas las flores, podados los bejucos y cosechados eficientemente los frutos (Mod. de Correll, 1944).

Cuando se desarrolló originalmente la vainilla como plantación comercial, las plantas crecían todas enmarañadas y extremadamente juntas. Este cultivo intensivo produjo enormes cosechas y fue utilizado ampliamente hasta que las enfermedades fúngicas atacaron a las vainillerías en Reunión y en otras partes del mundo, y casi acabaron con ellas. Con las lianas entrelazadas de ese modo, no existe labor que permita tener —tan sólo la esperanza— de desembrollar y retirar las plantas enfermas de entre las saludables, y así, muchas vainillerías fueron completamente destruidas, o sus plantas quedaron debilitadas hasta el grado de volverse esencialmente inservibles (Correll, 1944).

Dondequiera que la vainilla se cultiva, las técnicas empleadas, salvo ligeras variantes, son esencialmente las mismas. Si la plantación se iniciará en terreno con monte, ya sea selva, bosque virgen o actual, se debe hacer un aclareo. Durante la principal época de sequía del área forestal no cortada, se derriban por medio del hacha los árboles más corpulentos, dejando únicamente aquellos altos perennifolios que proporcionen buena sombra (si se desea y no son demasiado umbrosos, de difícil manejo o impiden la ventilación), y/o dejando los de talla media que servirán de tutores y que según haga falta o no la sombra por ellos proporcionada, en substitución de los más altos, se dejarán vivos para con-

trolarlos mediante podas, o muertos, para que sirvan únicamente de soportes (más adelante presentamos un capítulo dedicado especialmente a los árboles tutores y protectores, junto con sus cualidades y recomendaciones de manejo).
PAG. 80, 53, 75.

Es muy común encontrar numerosos bejuocos y lianas que entrelazan los árboles unos con otros y que ofrecen gran resistencia; en el acto de caer, los árboles corpulentos arrastran a los bejuocos, los cuales a su vez desgarran, dañan o tiran a todos aquellos arbolillos o arbustos que se desea conservar. Para evitarlo, debe comenzarse entonces, por dividir en varias partes los bejuocos para que los árboles queden aislados y calcular las trayectorias de caída. También debe tenerse presente que entre los últimos conservados, puede haber algunos caducifolios, que dependiendo de la época del año en que se despojan de su follaje, habrá que saber si protegerán debidamente o no a la vainilla (López, 1911).

Se procede a quitar por medio del machete las hierbas y bejuocos procurando dejar el suelo tan limpio como sea posible. En estas operaciones se necesita un cierto tacto pues si se dejan pocos árboles y la sombra no es suficiente, habrá que esperar hasta que los árboles aumenten su follaje y durante ese tiempo ya habrá crecido la maleza, lo que exigirá una nueva limpia. Tanto los árboles corpulentos como las hierbas, se cortarán lo más menudo posible (conviene la posesión de una motosierra), con el fin de elaborar con ellos compost (en el capítulo de suelos daremos PAG. 148 y 153, 75. detalles el método adecuado y los procesos implicados en él). De cualquier modo, los montones de materia orgánica se colocan donde no estorben al plantío o se dejan en éste si se tiene la seguridad de que se descompondrán suficientemente mientras se espera el desarrollo ideal de los tutores. Esta es la mejor práctica, pues no existiendo la necesidad de dejar completamente limpio el terreno, la misma basura en descomposición, sirve para detener en su crecimiento a la nueva hierba que nacerá muy pronto. Como es de suponerse los árboles que han quedado para sombra de la vainilla no han nacido simétricamente y por lo tanto, el plantío no tendrá ninguna regularidad. Se aconseja que los árboles seleccionados para la futura plantación de la vainilla tengan entonces, una separación aproximada de 2.0 a 2.5 metros. El aclareo debe

realizarse de uno a dos meses antes de plantar, para dar cuando menos tiempo suficiente a que se deshidraten el follaje y tallos cortados, los cuales sirven como abono orgánico natural (López, 1911; Herrerías, 1980; Parra, 1984).

Para evitar la falta de simetría, que siempre dificulta la labor, pueden aprovecharse los desmontes antiguos o que han servido antes para otros cultivos, y en los cuales se han sembrado previamente semillas o estacas de árboles de crecimiento rápido simétricamente dispuestos. De este modo, se consigue tener un cultivo de aspecto muy agradable pero en cierto modo menos productivo, porque cualquier terreno dedicado antes a otra labor ha perdido algo de su fertilidad potencial natural, lo que redundará en perjuicio del nuevo cultivo, y para el cual, la experiencia tradicional señala que los terrenos vírgenes no quemados han sido siempre los mejores (López, 1911). Una variante dentro de este marco, es dejar solamente los árboles de sombra originales de la selva virgen y sembrar simétricamente entre ellos a los tutores. Habría así algunos "estorbos" al paso en líneas rectas, pero se conserva casi íntegra la fertilidad natural (Mod. de Herrerías, 1980).

Otra opción resulta de sembrar en terrenos limpios la sombra adecuada y a la distancia conveniente según el tipo de árbol seleccionado para tal fin, procediendo a sembrar después los tutores —si la sombra no es a la vez tutor— y por último plantar vainilla, aunque también es posible hacer esto usando como soportes los árboles de sombra que se presten a ello, y sembrando tutores o estacas donde hagan falta, todo lo cual es para hacer más cómoda la labor (Mod. de Herrerías, 1980). Si la plantación se realiza de este modo, por ejemplo, en medio de zonas de potreros, conviene tratar de ubicarla cerca de terrenos con bosques o selvas vírgenes, o hacer estos a su alrededor artificialmente, para que le proporcionen un ambiente húmedo, estable y protector que por sí sola no puede tener. Si ha existido previamente otro cultivo, se aconseja conservar sus residuos y reciclarlos sin quemar, además, se sugiere evitar los barbechos y trazar líneas para sembrar adecuadamente los tutores según la iluminación más conveniente (Mod. de Parra, 1984).

El establecer el espaciamiento adecuado entre las plantas de vainilla variará en relación al sistema adoptado; en el último de los casos, la siembra de tutores y por lo tanto de vainilla, se puede realizar con un mínimo de 2x2 m entre planta y planta (Herrerías, 1980).

Si bien las cosechas son menores y el costo del mantenimiento por hectárea es mayor, actualmente la práctica común es colocar los soportes, o los árboles tutores apartados alrededor de 2.70 m. desarrollando una sola planta de vainilla en cada uno de ellos. Con este método hay sólo 1370 plantas por hectárea y así, cualquiera de ellas que enferme, puede ser fácilmente removida de la vainillería sin afectar a las plantas sanas. También se trabaja fácilmente una plantación si las plantas se desarrollan muy separadas. Otros métodos consisten en desarrollar los bejucos separados 1.50 m en hileras separadas entre sí 3.50 m, lo que da 1914 plantas por hectárea, o también, separando cada planta 1.20 m en hileras separadas 2.45 m, lo que da 3400 plantas por hectárea. Estas plantaciones cerradas dan rendimientos grandes muy rápido, pero la estrechez de los espacios entre plantas es inconveniente para los trabajadores y además, las plantas son más susceptibles a las enfermedades contagiosas (Correll, 1944).

La vainilla debe plantarse cuando los tutores tengan de nueve a diez meses; en esta edad, alcanzan a proporcionar suficiente sombra, de aproximadamente un 50 % en cambio, si se planta cuando el tutor da una sombra muy ligera, existe el peligro de pérdidas por deshidratación. Las podas y despuntes del soporte, deben mantener al vainillal dentro de este valor de media sombra para que las plantas tengan un desarrollo normal. El exceso de follaje aumenta la sombra y disminuye la circulación del aire, lo que favorece el desarrollo de plagas y enfermedades, mientras que su escasez provoca quemaduras y debilitamiento de la planta por la luz del sol. Numerosos experimentos han demostrado que las vainillas cultivadas a la sombra son más saludables y producen mayores cantidades de bejucos robustos que aquellas que se desarrollan a la luz total del sol o en sitios muy oscuros. Los bejucos exageradamente sombreados son típicamente descoloridos, débiles, blanquecinos y están elongados, mientras que los que no tienen sombra son amarillentos y presentan quemadu-

ras (Correll, 1944; Parra, 1984).

La vainilla requiere sombra parcial, debiendo crecer entre una intensidad luminosa de 1000 a 3000 bujías, con un intervalo de valores de 100 a 1000 bujías sólo sobrevive. Un indicador sencillo de la luz difusa requerida consiste en pasar la mano sobre las plantas debiéndose notar apenas la sombra producida. Si se desea mantenerlas solamente, sin crecer, bastará con intensidades luminosas no más bajas de 25 bujías. Las exposiciones a la luz del Este o del Oeste son las mejores, pero si únicamente se dispone de una exposición a la luz del Norte o del Sur, se requerirá una sombra tamizada que evite los rayos del sol directos. Estas indicaciones cuantitativas son dadas por Eyrd-Graf (1978) para conservar las vainillas en interiores, lo que se logra con cortinas venecianas y mallas o cortinas de bambú. El mismo autor, señala que la vainilla puede ser cultivada en el hogar, o para decoración de interiores pues tolera muy bien la iluminación reducida de las salas y oficinas con su atmósfera seca artificial. En estas condiciones, requiere temperaturas entre 16 y 18 °C durante la noche, pudiendo alcanzar 27 a 30 °C durante el día, momento en el cual se debe abrir la ventilación. Las plantas deben permanecer constantemente sobre suelo húmedo, pero no debe empaparse éste muy seguido puesto que fácilmente son atacadas por pudriciones en dicha condición. Como en el campo, se queman y marchitan si se secan demasiado, especialmente si el clima es muy cálido. Los híbridos ornamentales, por el contrario, como V. planifolia var. variegata Lecoufle; ó V. p. marginata, requieren una permanente y moderada humedad constante y sólo se les puede cultivar en invernaderos, terrarios o bajo capas de plástico especiales.

La deforestación de la zona vainillera mexicana, en el Norte de Veracruz, ha reducido hasta un 50 % la probabilidad de lluvia mensual, lo que a su vez ha reducido la constancia de las lluvias que se solían registrar hace 20 o 30 años. Esto ha perjudicado también el mantenimiento de las capas de materia orgánica sobre el suelo y ha reducido la humedad relativa de cuando menos 60 % constante que se requiere. Por esto, dicha zona ya no puede producir vainilla con la misma calidad que antes, porque aún implementando sistemas de riego, es difícil mantener la esta-

bilidad requerida original, tan particular de dicha localidad. Por otro lado, la necesidad de compensaciones artificiales incrementa los costos. La deforestación ha favorecido también un aumento relativo de la circulación atmosférica (velocidad del viento superficial) y el desecamiento consecuente del suelo. (Mod. de Univ. Ver., 1984) (Habla^remos más en detalle sobre todo ello en los capítulos correspondientes, de suelo y de climas).

PROPAGACIÓN

La familia Orchidaceae tiene semillas extremadamente pequeñas. Algunos géneros tienen semillas tan finas que semejan polvo. Al liberarse de la cápsula después de un breve pero imprescindible periodo de relativa sequía, son llevadas por el viento a grandes distancias. Algunas veces flotan en el aire por bastante tiempo. Las semillas de algunas orquídeas están provistas de alas finas y delgadas que las ayudan a flotar. (U.S.D.A., 1980). Empero, las semillas de la vainilla son como polvo fino, formado por semillitas cuyo mecanismo de dispersión no ha sido aclarado. Posiblemente, las mismas abejas meliponas indígenas que ocasionalmente polinizan las flores, o algún otro insecto similar, de cuerpo pegajoso al tacto, o los colibríes, colecten el "bálsamo de vainilla" que escurre de los frutos recién abiertos y arrastren así, sin saberlo pocas semillas, algunas de las cuales en muy particulares condiciones llegarían a germinar.

En el interior del fruto de la vainilla, las semillas son extremadamente numerosas. Uno puede contar en una cápsula varios millares. Una veintena de ellas, son portadas por un cuerpo placentario en sección transversal, donde aparecen en general bien negras. Algunas son más ólaras, morenas o amarillentas, y hay algunas semillas abortadas. Ningún autor aclara si el color final de la semilla madura tiene que ver con su viabilidad para la germinación o su esterilidad o algún otro aspecto. Según la especie, suelen medir poco más o menos entre 240 y 400 micras y son de forma redondeada oval. Estas semillas, presentan la mínima diferenciación posible y en su interior no se distingue más que un

embrión esférico en el cual no es posible poner en evidencia ningún órgano. La parte del tegumento seminal consta de células poligonales de gran talla (80x20 micras) con paredes gruesas y con una cresta en la periferia que marca su engrosamiento máximo ligeramente quitinizado, cubiertas por una capa de tejidos celulósicos y sostenido todo ello por el funículo (Mod. de Bouriquet, 1954). Estas capas forman sobre las semillas una testa endurecida que les brinda un periodo de latencia no determinado y ambas características en conjunto, además de la necesidad de un micosimbionte obligado, dificultan la germinación homogénea, o tan sólo previsible. Al parecer, hasta hoy, no existen reportes sobre estudios de germinación de estas semillas en laboratorio, ni de como tratar a las semillas para romper esta latencia mecánica atípica en la generalidad de las Orquidáceas. (Peña, 1985, Com. pers.).

López (1911), Correll (1944), Martínez (1959) y Miranda (1976), señalan que la planta puede ser efectivamente reproducida por semillas, pero que tarda mucho en desarrollarse y aún más en fructificar, además de que es inseguro que germine en proporción aceptable (sólo germinan las semillas que provienen de polinización cruzada), por lo que en lo que a plantaciones se refiere, no es útil recurrir a ellas. Sin embargo, casi sin que existan datos publicados, se sabe que algunos cultivadores han elaborado y producido por este medio, híbridos especiales con el fin de incrementar la productividad y ciertos tipos de resistencia de la planta, pero esta información se considera confidencial y raras veces se publica o divulga. Más adelante, al hablar sobre el suelo, tomaremos de nuevo este poco investigado aspecto.

La vainilla de las plantaciones se reproduce casi exclusivamente por medios asexuales: trozos de tallo de tamaños varios que al enterrarse en el suelo, emiten en sus nudos raíces adventicias y así se convierten en plantas nuevas. Según los autores, les llaman esquejes, estacas, bejuocos o lianas indistintamente. El esqueje es un fragmento de tallo considerado una verdadera estaca, sólo que es herbácea y lleva hojas. (López, 1911; Correll, 1944; Martínez, 1959; Miranda, 1975; Cipagauta y Sánchez, 1979; Zacoar, 1981; y Parra, 1984).

Para obtener los esquejes, se cortan los tallos de plantas de vainilla que no hayan floreado y que tengan yemas en buenas condiciones. Es importante también que los tallos utilizados no hayan sido podados nunca, pues una planta podada no produce buenas estacas para iniciar una plantación. Al cortarlos, se cuidará de suprimirles las hojas de su base que estorban al plantar. Todos los cortes son horizontales y deben hacerse con un instrumento bien afilado de manera que para nada se lastime la corteza. Se aconseja que la parte a enterrar no tenga más de 4 nudos, ni menos de dos, cualesquiera que sean las distancias que éstos guarden entre sí (Cipagauta y Sánchez, 1979; Escobar, 1981; Parra, 1984).

Las estacas se toman de las plantas más vigorosas y a las cuales no se les haya exigido una fuerte producción. Esta exigencia estriba en una fecundación artificial excesiva o en la falta de una poda adecuada, siempre y cuando no se tenga el material ideal no podado (Martínez, 1959).

Conviene destinar a este tipo de material reproductivo una parte pequeña del vainillal como banco de propagación y al cual se le dará un cuidado más selectivo y especial. De preferencia se tomarán los trozos de tallo que tengan ya una rama.

Se utilizan diferentes longitudes de dichos esquejes. La longitud tiene una influencia definitiva en el desarrollo del bejuco. En todos los casos las estacas deben ser tomadas de plantas saludables y vigorosas. En México, es común la práctica de utilizar estacas de 30 cm de largo, pero también se las usa de 90 cm y de 1.20 m. En algunas regiones, se usan trozos de tallo de hasta 1.80 a 3.60 m, permitiéndose que su extremidad cuelgue libremente del árbol tutor. Si es posible deben utilizarse estacas largas con desde 12 hasta 24 entrenudos. Si estas estacas se plantan al principio de la estación de lluvias, mantienen un crecimiento continuo y florecen en sólo uno o dos años. Las estacas cortas no dan ni flores ni frutos sino hasta que tienen 3 o 4 años. En las Islas Seychelles, durante la época de máximo crecimiento con tiempo cálido-húmedo y estable y condiciones óptimas, el desarrollo de algunas plantas es tan rápido que se las ha visto creciendo a razón de 2.5 cm por día, y

los experimentos han mostrado que el desarrollo es proporcionalmente mayor a partir de las estacas pequeñas que a partir de las grandes, lo cual es muy importante porque el material reproductivo es bastante costoso (Correll, 1944).

Mc Clelland (1913) cit. por Correll (1944) encontró que durante un período de 12 meses, las estacas con dos entrenudos crecieron 1.43 m, con cuatro entrenudos 2.35 m, con ocho 3.26 m y con doce 5.09 m, no obstante, como las estacas largas comienzan a producir mucho antes que las cortas, lo que permite reducir el tiempo de espera para la primera cosecha, es más económico y deseable, si existe el material disponible, sembrarlas largas, o sembrar de este modo al menos una parte proporcional del vainillal, en lo que crecen las pequeñas.

Herrerías (1980) reitera que mientras más nudos tiene el esqueje, más rápido se obtiene la primera cosecha.

Antes de plantar, los esquejes se deben desinfectar para prevenir el ataque de enfermedades que penetran por las heridas de los cortes. Parra, 1984, sugiere que se les sumerja en una solución de 200 g de Captán o 45 g de Benlate por cada 100 l de agua, o también con "Caldo Bordelés". De acuerdo a Mc Clelland (1913) cit. por Correll (1944) parece existir una pequeña diferencia si las estacas se plantan inmediatamente o se las deja resecarse y suberizar por 12 o 15 días. Si las heridas de la planta están bien cicatrizadas, no se maltrata al plantarla, y el suelo no está contaminado por patógenos específicos o anegado, la desinfección no es necesaria. Para una cicatrización más rápida se puede poner en los cortes polvo fino de carbón, talco, flor de azufre, etc.

Ocasionalmente, la porción de la estaca que se entierra se pudre enseguida o enferma, especialmente si está dañada o se lastima en el extremo basal. Se ha observado que si se retiran las hojas y los cortes se exponen al aire la estaca escapa a pudriciones y enfermedades. En algunas regiones como Dominica, el bejuco solamente se asienta sobre la superficie del suelo y rápidamente se le cubre con pasto marchito después de haberlo asegurado por medio de estaquillas cruzadas. Este método es muy con

veniente si en la plantación prevalecen las pudriciones o si existe una humedad excesiva. De todos modos se sabe que los esquejes de vainilla, a diferencia de casi todos los otros esquejes vegetales, conservar su vitalidad durante mucho tiempo; esta última es tan grande, que se han visto fragmentos de bejuco abandonados en el suelo, que han prendido, lo mismo que si hubiesen sido cuidadosamente plantados junto a un tutor. (Mod. de López, 1911; Correll, 1944; y Wild-Altamirano, 1967).

Si es necesario, las estacas pueden ser iniciadas en un vivero y trasplantadas después a la vainillería. No obstante es mejor iniciar las directamente en la plantación para evitar posibles daños a las raíces —que son muy delicadas—, al mover las plantas. Las estacas como éstas, que se enraizan con hojas y bajo condiciones de alta humedad, exigen un cuidado considerable para removerlas del medio de enraizado. Después de que se ha iniciado el enraice, se debe disminuir la humedad y darle ventilación a la cama. Se deben sacar tan pronto como se haya formado un buen sistema radioular, denso y fibroso al cual se adhiere el medio de enraice formando una bola que debe ser respetada al retirarlas para plantarlas. Como los medios de enraice ocasionalmente son pobres en nutrimentos será necesario regar las estacas con una solución especial y con una frecuencia tanto mayor, conforme transcurra más tiempo antes de que sean plantadas en su ubicación definitiva. Si existe diferencia entre las condiciones ambientales del vivero, como nieblas artificiales y sombra más densa, o riego, en comparación con el área de plantación, puede ser necesario que el trasplante sea gradual, acostumbrando a las plantas nuevas al ambiente exterior por etapas, de manera que se les retire poco a poco la protección artificial (Mod. de Correll, 1944; Hartmann & Kester, 1962; Escobar, 1981).

Según López (1911) las épocas más favorables para plantar, son aquellas en que la tierra tiene bastante humedad y cuando la temperatura no es muy baja, pues sin suficiente humedad, los bejuocos pueden secarse antes de prender, y si se plantan durante el invierno, el nacimiento de las raíces es muy lento y algunas pueden secarse. Martínez (1959) indica que esto ocurre al iniciarse la estación cálida y lluviosa.

López (1911) añade que los bejuocos plantados prenden de todas

maneras, en cualquier época del año. Sin embargo, no se ha determinado todavía con razones técnicas justificadas, el porqué y el cuando del momento óptimo de implante, lo que deberá hacerse considerando en su conjunto el ciclo biológico de la planta, asociado a las variables climatológicas que inciden directamente en el establecimiento natural de cada una de sus etapas. Volveremos sobre estos aspectos en el capítulo de climas.

En Papantla, Ver., la tradición ha señalado que los meses de marzo a junio son los ideales para hacer la plantación, señalándose además, que la luna debe estar en cuarto menguante; nadie ha verificado si la planta responde de algún modo a los ciclos circadianos, lo cual queda entonces como una incógnita. (López, 1911; Cipagauta y Sánchez, 1979).

Después de que la superficie del terreno ha sido nivelada al ^{p. 108, 65, 63}derredor de la base del tutor, y se ha añadido una capa espesa de composta, se abre un surco al pie de los árboles o postes elegidos. Estos surcos deben tener la dirección de un radio suponiendo al árbol como centro, y serán tan largos, como la parte del bejuco que —casi horizontalmente— se va a enterrar (de 2 a 4 entrenudos, que quedan poco más o menos bien acomodados entre 30 y 50 cm de longitud); su anchura será de 10 cm y su profundidad, dependiendo de las condiciones ecológicas del suelo, puede variar de 2 a 12 cm, procurando que el esqueje quede sólo con esto, parcialmente inmovilizado y dentro del humus. Conviene poner una capa de paja, ~~com~~post y hojas que protejan a las raíces y les conserven la humedad. En cada surco se coloca un esqueje, sin hojas en la parte enterrada. El resto, se orienta o recarga suavemente sobre el tutor en dirección vertical y se sujeta al árbol por medio de fibras vegetales o cuerdas corrientes de fácil descomposición, sin hacer una presión excesiva. Esta parte, que será la que se ramifique, es sujeta por algunos agricultores por medio de alambres, como los utilizados en telegrafía, pero sin duda es preferible la fibra vegetal. La parte enterrada se cubre con la misma tierra y/o ~~com~~post del surco. Los bejucos se colocarán al pie de los árboles elegidos, siendo práctica común colocar 1 a 3 por tutor. Cada tutor está separado más o menos 2 a 2.5 metros de cualquiera de los otros. Como hemos señalado previamente, las distancias y números pueden ser mayores o menores

en función de la densidad y disposición planificada por el agricultor para el plantar y de la posición de cada árbol tutor. Si la distancia entre dos tutores permite colocar un esqueje intermedio, ello puede hacerse plantando una estaca de dos a tres metros de altura y sujetando en ella el bejuco de la misma manera que en los árboles. Por lo menos dos entrenudos deben ser dejados fuera del suelo y los amarres deben prevenir que esta sección cuelgue u oscile. Si el extremo libre es muy largo se le coloca sobre las ramas horizontales soporte del tutor y se le amarra también. La densidad más recomendada por todos los autores es de 2000 plantas por hectárea, aunque se puede llegar a densidades de hasta 5000 y nadie indica exactamente en que densidad llegan a competir desfavorablemente para la producción unas con otras, ni que longitud final alcanza su ramaje. Ya hemos anotado las desventajas que suele traer una densidad excesiva más atrás, en relación con enfermedades, plagas, y dificultad de la labor (Cornailiac, 1902; López, 1911; Correll, 1944; Martínez, 1959, 1969; Miranda, 1976; Cipagauta y Sánchez, 1979; y Parra, 1984).

A la segunda semana el esqueje comienza a enraizar; a los 30 o 40 días empieza a retoñar. En unas pocas semanas el alargamiento es notable y el bejuco emite raíces aéreas adventicias que se adhieren al soporte. Las guías crecen un metro por término medio mensual, o cuando menos 60 cm . En México, en condiciones óptimas puede observarse un crecimiento diario récord de 10 a 15 cm , en contraposición a los 2.5 cm que habíamos anotado observados en las Islas Seycheles. Y esto, a pesar de que se parte tradicionalmente de estacas de 30 a 70 cm (Correll, 1944; Herrerías, 1980).

Al alcanzar la planta la altura del tutor, aproximadamente de dos metros, siguiendo un método que se practica con éxito en Madagascar, las guías se doblan hacia el suelo y cuando llegan a éste, se cubre parte del tallo con materia vegetal o cómpost para favorecer la formación de nuevas raíces primarias. Esto permite que las plantas se fortalezcan y den lugar a un mayor número de espigas de flores cada vez que el tallo se vuelve nuevamente aéreo, y lo más importante, forma setos con plantas de edades escalonadas que si se planifican bien, repitiendo el procedimiento una y otra vez, hacen que se vuelva continuo el proceso de producción

de la plantación, y además, se mantiene buena parte de ésta en su estado de edad más productivo (Mod. de Wild-Altamirano, 1967; Flavour Ind., 1972; y Villegas, M. 1985 Com. pers.).

Ahora debemos detenernos en algunos aspectos de las relaciones simbióticas que se establecen en la vainilla y que nos permitirán comprender mejor el resto de la exposición. Según Scott (1976) los sistemas de micorrizas de Orquídeas son quizás, los que presentan los mejores ejemplos de integración morfológica íntima al nivel endótrofo. Para la mayoría de las orquídeas verdes, y desde luego para todas las orquídeas saprofitas, la simbiosis puede considerarse obligatoria en condiciones naturales.

El género microsimbionte más corriente parece ser Rhizoctonia spp., grupo de hongos de fase sexual casi absolutamente desconocida (micelia sterilia) cuyas especies son particularmente patógenas para las Solanáceas, especialmente papa y jitomate (Peña, 1985, com. pers.).

Se han aislado numerosas especies a partir de distintas orquídeas y en algunos casos, existiendo variación geográfica en la distribución de la orquídea, dos o más cepas en una misma especie (Scott, 1976).

Las orquídeas son un ejemplo excelente del éxito que se logra al recurrir a la simbiosis. Tienen semillas muy pequeñas que son virtualmente incapaces de germinar con éxito y crecer, a menos que estén asistidas por una fuente externa artificial de hidratos de carbono simples y vitaminas, y/o algunas sustancias orgánicas o minerales más. Estas sustancias son suministradas de un modo conveniente por el hongo que forma las micorrizas, que está presente durante toda la vida de las orquídeas saprofitas, y durante ciertos periodos de tiempo en las orquídeas verdes, según su grado de autonomía asimilatoria. En algunos casos se tienen pruebas del paso de hidratos de carbono de la orquídea al hongo, cuando la primera ha alcanzado el estado de autotrofia (Scott, 1976).

Las muchas condiciones intermedias entre el saprofitismo y la autonomía en las orquídeas, indican una amplia gama de especializaciones

en la co-evolución de las relaciones tróficas entre los simbioses. Los saprófitos totales tienen sistemas radiculares muy reducidos -tan reducidos que algunos géneros no emiten raíces- y una estrecha relación entre la mayor parte de las células corticales de la raíz o rizoma y el micobionte. Generalmente se pueden discernir zonas concéntricas en la corteza, en las cuales las hifas del micobionte son o "activas" o están en proceso de digestión. Estas capas se han denominado "huésped" y "digestiva" respectivamente. En términos fisiológicos, las hifas del micobionte de la capa "huésped" están en un equilibrio estable con las células corticales, pero en la capa digestiva sufren una autólisis, o digestión enzimática por los sistemas enzimáticos del macrosimbionte. ^{FIG. 10} En las orquídeas que adquieren autotrofia pronto, la asociación tiene una naturaleza mucho más efímera. Los sistemas radiculares generalmente están bien desarrollados y no tienen las distintas zonas de micobionte en las células radiculares. La correlación entre la integración morfológica y el estado de autotrofia del macrosimbionte sirve para ilustrar la existencia de un mecanismo particularmente evolucionado de cooperación e interdependencia en estas plantas, por medio del cual se regula el sistema tolerancia-antagonismo, o si se quiere, huésped parásito. Scott, 1976, indica también, que probablemente esto se efectúa mediante metabolitos específicos cuyo nivel de producción y concentración está en función de la eficiencia fotosintética del macrosimbionte. Volveremos sobre este tema en la sección dedicada al ^{FIG. 165} suelo.

Plantado el esqueje y como hemos visto, las estacas crecen rápidamente y van trepando en el tutor, mientras que las primeras raíces que se formaron en la superficie de la tierra mueren; se desarrollan entonces otras que nacen en las axilas de las hojas y que no sólo sirven para fijar a la planta, sino que algunas se alargan mucho hacia abajo y llegan a la tierra en donde enraizan (Miranda, 1976).

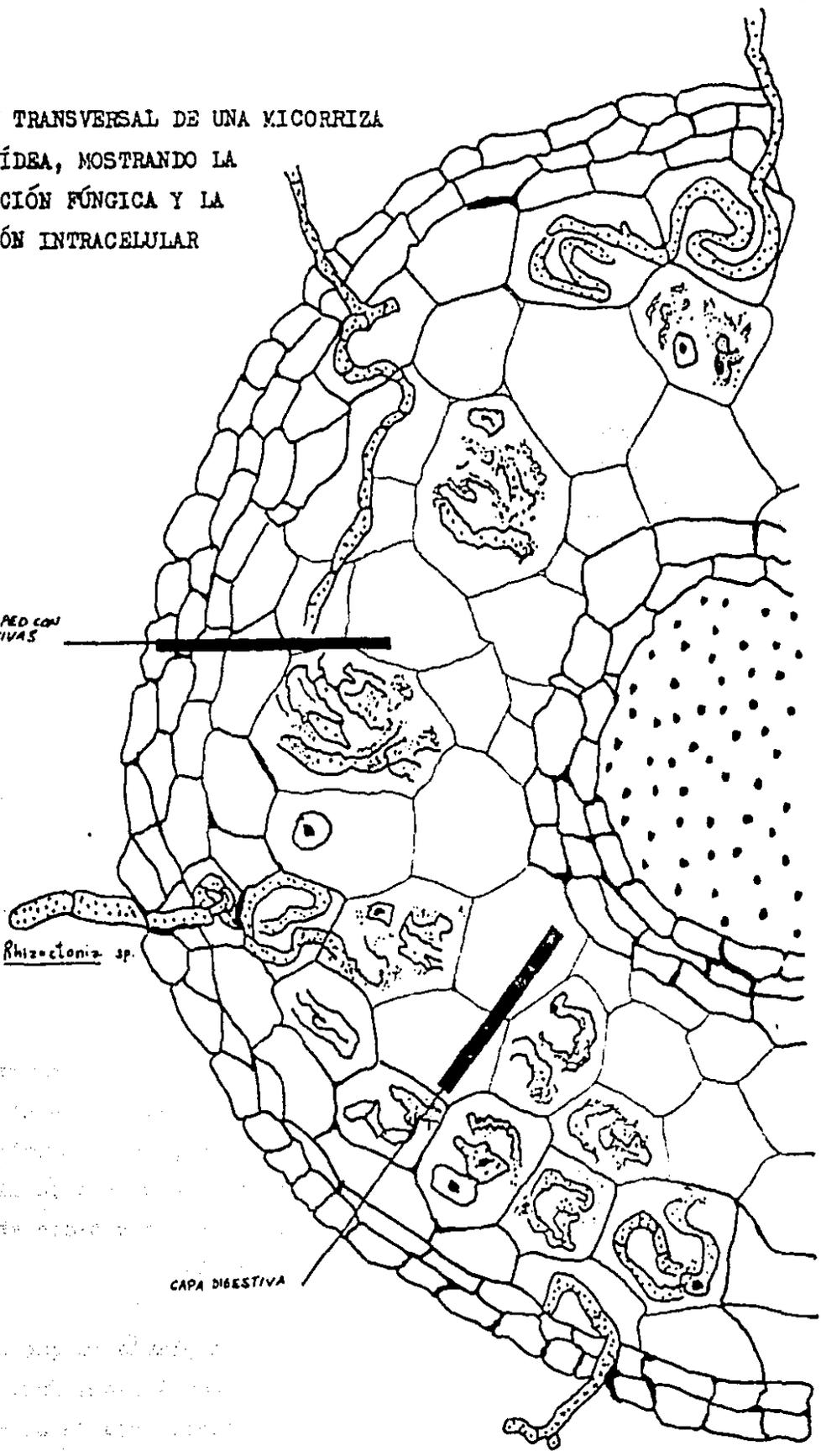
Deseamos detenemos en esa época de la planta en que sustituye su raíz primitiva por raíces adventicias y secundarias. Este fenómeno se verifica cuando la planta cumple cuatro o cinco años de edad y algunas veces antes; se comienzan a desarrollar en el bejuco a diferentes alturas, filamentos radiculares que se dirigen directamente hacia el sue

FIGURA 10
SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA MICORRIZA
DE ORQUÍDEA, MOSTRANDO LA
PENETRACIÓN FÚNGICA Y LA
DIGESTIÓN INTRACELULAR

CAPA MUÑEPED CON
HIPAS ACTIVAS

Rhizoctonia sp.

CAPA DIGESTIVA



lo y pasan en contacto con la corteza del árbol que sirve de tutor a la planta, poco a poco se establece la adherencia entre la corteza y las raíces y éstas continúan creciendo hasta tocar el suelo y se profundizan en él. Algún tiempo después, la raíz primitiva muere y con ella la parte del bejuco que está situada por debajo de las nuevas raíces. Por medio de éstas la vainilla continuará nutriéndose durante el resto de su vida (López, 1911). Estas últimas raíces pueden considerarse adventicias especialmente adaptadas a la vida subterránea (Parra, 1985, com. pers.).

Existe una enorme posibilidad de que la pérdida de la raíz primitiva se deba a un mecanismo de respuesta del macrosimbionte, para eliminar al hongo cuando ya no lo necesita. La mejor demostración de esto puede ser la emisión de las nuevas raíces como síntoma de autotrofia potencial, y la llegada de éstas al suelo como el logro de la autonomía final. A partir de este momento y mientras las plantas se hallen en condiciones ecológicas ideales, existiría un control -tal vez alelopático- de la planta sobre su microsimbionte. La relación entre ambos sólo sería reestablecida por debilidad de las vainillas -a posteriori-, a la siembra de nuevas plantas a partir de la guía madre sin separación, o a la siembra de nuevas plantas. El esclarecimiento experimental de la realidad -o ficción- de estas relaciones en la vainilla cobra capital importancia porque justo cuando las raíces secundarias llegan a tierra es cuando la planta es más productiva! Y curiosamente, en la monumental obra de Bouriquet (1954) la descripción anatómica de las raíces primarias parece una deliberada y consciente omisión.

López (1911) indica que en estas condiciones, es un hecho que la planta toma su alimento del suelo, pues ni muere si el tutor deja de existir, ni se resiente para nada en el caso de que tenga por tutor un trozo de madera cualquiera.

No obstante, no se ha establecido la influencia que la microflora de las diferentes cortezas de los tutores y el ambiente físico, químico y mecánico del contacto entre las raíces adventicias y el tutor, pueda tener o no, para el desarrollo y mantenimiento de la vainilla en la autotrofia. Indicamos esto porque existen observaciones de que son mejo-

res los árboles de corteza externa fisurada, o de que el piñón de Indias: Jatropha curcas ejerce un efecto benéfico sobre la planta y su producción. Bibliográficamente —al menos—, nadie ha especificado los detalles de estas posibles relaciones, pero es muy factible que debido a la humedad que prevalece en las plantaciones y la existencia de ciertos exudados arbóreos, que al menos en algunos casos, la vainilla pueda tomar algunas sustancias disueltas durante el proceso de descomposición ambiental y biológica de la corteza de su tutor. Al menos en algunos casos el fenómeno es posible, como es posible, por analogía, la existencia de la fertilización foliar. Sin embargo hasta el momento, la planta de vainilla es considerada epífita en relación con los datos que de ella se conocen. Sería interesante comprobar por medio de estudios fisiológicos, si es posible que mientras las raíces secundarias avanzan hacia el suelo, no presentan un cierto grado de saprofitismo, como mecanismo adaptativo de resistencia en lo que llegan a este último. Es más, habría que saber si lo conservan después.

Será necesario suprimir con cierta anticipación la raíz primaria y hacerle estudios histológicos, y conocer la resistencia de la planta y su capacidad fotosintética, para saber si le es posible ocultar o "saltar" este periodo saprofitico. Si dicho saprofitismo existe, podría aclararse una correlación interesante en la evolución de este tipo de orquídeas, las cuales habrían recapitulado en su ontogenia gran parte de los aspectos tróficos de la evolución filogenética de la familia Orchidaceae, pasando de epífitas a saprófitas y por último a terrestres, o a la inversa, haciendo honor a Ernest Haeckel, el tan despechado padre de la ciencia ecológica.

Es quae scimus sunt pars minima
eorum quae ignoramus

(Systema Naturae I)

Las cosas que sabemos son una mínima
parte en relación con las que ignoramos

Karl Von Linnaeus

Un aspecto ecológico importante en el análisis sobre disponibilidad y ciclaje de nutrimentos en comunidades boscosas, es el de lixiviación de nutrimentos de hojas, troncos y tallos por el agua de lluvia. Se ha establecido que el potasio es un elemento muy propenso a lixivarse de las hojas y que aparece en gran concentración en el agua percolada a través

del follaje de los bosques. Colley y Col. (1975) cit. por Medina (1977) nos proporcionan una comparación entre nutrientes presentes en condiciones naturales en el agua de lluvia y nutrientes de agua percolada a través del follaje de un bosque tropical húmedo de Panamá:

Nutriente	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Lluvia	0.050	0.5	1.5	0.25	1.59	0.024	0.155	0.021	0.044
Percolación del follaje	0.039	3.2	2.4	0.62	1.54	0.017	0.273	0.022	0.040

(valores en ppm)

La pérdida de elementos minerales y de sustancias orgánicas por lavado es un fenómeno que se acentúa con la edad de las hojas. Las viejas ceden más nutrientes al agua que las hojas jóvenes, que también en su caso, toman algunos. Por otra parte, la pérdida de nutrientes por lavado foliar o cortical, varía marcadamente según las especies y la actividad biológica que se desarrolla sobre ellas, y también según la hora del día, la estación y muchos otros factores. Es probable que la estructura de la cutícula y de la corteza de diferentes especies de árboles de sombra y/o tutores de la vainilla represente un papel decisivo en este proceso. Algunos árboles proporcionarán nutrientes lixiviados en la medida en que sean sensibles a la descomposición sus estructuras, mientras que otros, por su resistencia estructural, no tendrán utilidad en este sentido (Mod. de Medina, 1977).

Es un hecho comprobado que las hojas de la vainilla absorben una cierta cantidad de nutrientes. Esto significa que de hecho existe una "fertilización foliar natural", que requiere ser investigada a conciencia. Con algunos suplementos nutricionales adicionados al agua de riego por aspersión, o al aplicar algunas aspersiones nutritivas en ciertas épocas del año, se refacciona a las plantas de la plantación con una fuente adicional de crecimiento y mantenimiento del vigor que redundará en beneficio directo para la producción. Con ello se puede llegar posiblemente a la producción continua o casi continua en condiciones cuidadosamente controladas. En este sentido, ya se aplican con éxito aspersiones de urea al 2 % en las plantaciones del Pacífico, pero queda pendiente todavía mucha investigación al

respecto y muchas soluciones nutrientes combinadas por probar!.....

Concluido el plantío hay que evitar el crecimiento de la maleza; las limpieas o chapeos deben hacerse regularmente cada seis meses, con machete u hoz, o cuando las malezas alcancen una altura de 30.0 cm. o más, escogiendo de preferencia para ello el principio y el fin de la época de lluvias, para atacar a las hierbas en el inicio de su período de máximo desarrollo, o cuando están a punto de florear, o antes de que produzcan y esparzan sus semillas. Se aconseja cortar la maleza a 10 cm. del nivel del suelo con el fin de no maltratar las raíces de la vainilla, que a veces están sobre la hojarasca. De este modo se reduce el arrastre del suelo por erosión, y se favorece la circulación del aire. Si el abonado es a base de cómpost el problema de las malas hierbas y de los patógenos, queda bastante eliminado. Las hierbas cortadas deben usarse para preparar más cómpost (Véase más adelante el método en la sección dedicada al suelo). Durante las épocas de sequía, puede no convenir el deshierbe para proteger al suelo de la pérdida de humedad. La maleza que se enreda en la vainilla y/o en el tutor debe ser cuidadosamente retirada a mano, desde la raíz, para evitar ligaduras o tronchaduras y mantener limpio el vainillal (Mod. de López, 1911; Cipagauta y Sánchez, 1979; Parra, 1984).

A los 30 ó 40 días de plantado el esqueje, deben revisarse los amarres y reestablecerse si hace falta. Deben igualmente restituirse las estacas que se pudrieron o fracasaron si se las detecta, plantando las nuevas en otra posición alrededor del mismo tutor, y además, desde este momento, serán necesarias revisiones periódicas al vainillal para ir amarrando las porciones de tallo que lo requieran mientras continúan desarrollándose, y para detectar posibles plagas. A más tardar a los tres o cuatro meses de iniciado el vainillal, se hará la replantación de los pies que no hubiesen prendido y se continuarán fijando a los árboles los bejucos que no lleven buena dirección o no estén asegurados a los tutores. En esta etapa aparecen también yemas florales que quitan la energía que la planta necesitará para su desarrollo y potencial productivo total, por lo que es necesario eliminarlas mediante el corte, y así, estimular únicamente el desarrollo vegetativo, con lo que a posteriori se obtienen plantas más

productivas y con excelente resistencia y calidad. Estas son las reglas que la práctica ha establecido como tradicionales para este cultivo en Papantla y Misantla, Ver., pero necesariamente variarán en otros climas y con la técnica moderna, por lo que no pueden ser consideradas con rigidez, ni como recetario finalista (Mod. de López, 1911; Cipagauta y Sánchez, 1979).

Sólo se llevará a cabo el riego de la plantación si el suelo pierde excesivamente la humedad durante sequías muy prolongadas, o si las lluvias son insuficientes y la humedad inadecuada, o cuando se espere una helada, pues el riego minimiza o elimina —oportunamente aplicado— sus efectos. El método de riego será dictado por las características del terreno y las posibilidades económicas del agricultor, debiendo evitarse los métodos que provocan anegamientos prolongados: prefírase el riego por aspersión, que ya se aplica con éxito en algunas plantaciones del Estado de Veracruz. Se deberá utilizar agua muy limpia, de reacción preferentemente neutra, lo más posible libre de sales de sodio (o con cantidades controladas o no perjudiciales de sales fertilizantes) ^{Ver. en la pág. 142, 5ª ed.} y a temperatura ambiente, procurando hacer el riego al amanecer o al final de la tarde, o en la noche.

Con el fin de favorecer el desarrollo de la planta, se debe realizar la poda, que consiste en que a partir de unos 6 u 8 meses antes de la floración, esto es, aproximadamente a los dos años y medio de establecida la planta —si fue de esqueje pequeño— se corta la guía a 10 ó 15 cm. del ápice. Posteriormente la planta inicia el proceso de formación de racimos florales y al mismo tiempo aparecen yemas vegetativas, de éstas, se conservan únicamente las más vigorosas, las cuales serán las que produzcan las nuevas guías para el siguiente ciclo anual, y así sucesivamente año con año. Esta práctica se efectúa en todas las plantas, excepto en aquellas que se utilizarán para la reproducción y que se ubican en una sección aparte, o aquéllas que, por haberse debilitado por una mala práctica agrícola (exigencia de floración y/o fructificación excesivas), deban dejarse continuar en el periodo vegetativo; es decir, sin florear en el año en curso. Más adelante, cuando haya concluido la cosecha, serán podados todos los bejucos que florearón para que adquirieran grosor. Las lianas o bejucos originados de esquejes muy largos, se podan también con el

mismo período de anticipación (6-8 meses) a la floración, pero ello puede hacerse con bastante menos tiempo que los de origen pequeño, lo que dependerá del largo que tuvieren cuando esquejes, de su vigor, y de la experiencia del agricultor.

La floración y la cosecha son tratadas en capítulos aparte por la infinidad de detalles que presentan, al igual que los aspectos relacionados con la selección y manejo de tutores y árboles de sombra, así como las plagas y las enfermedades.

A los dos años, las plantas nuevas están en condiciones de florecer si las circunstancias son las más propicias. La planta vive alrededor de nueve años, después de los cuales hay que plantarla de nuevo, al menos que se utilice ya el Método de Madagascar de producción continua. (Mod. de Martínez, 1959).

Otro aspecto de investigación que queda pendiente, consiste en el grado de asociación simbiótica que se da en las raíces de una planta en ya guía retorna al suelo, una y otra vez, y de las características fisiológicas que dichas raíces presentan en función de alteraciones nutricionales específicas voluntariamente inducidas. Muy posiblemente el agricultor podrá alterar el ambiente mediante labores especiales y abonados diversos para favorecer o para impedir el desarrollo de la simbiosis según le convenga..... volveremos sobre ello en el capítulo consagrado al suelo.

Las variantes que los nuevos métodos de cultivo establecen en las labores agrícolas de un vainillal al parecer no han sido divulgadas, sin embargo, bastará tan sólo un poco de investigación básica apoyada en la experiencia que hasta aquí hemos consignado, para saber exactamente cómo actuar.....

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPÍTULO TERCERO

ÁRBOLES TUTORES Y PROTECTORES DE LA VAINILLA

Yanal u booy le lab chuncheo,
bin culaoon tuoul iix o'il
luum ohup yetel nekoob.....

Tumen u nekil le uchben chuncheo
lubul yok o'luum, ti yan u
likili iix u lolancil.....
(Idioma Maya)

Bajo la sombra del árbol viejo
nos sentaremos a pensar y veremos
el suelo lleno de semilla

Porque la semilla del árbol viejo
caída está sobre la tierra nuestra
y en ella tiene que levantarse y
florecer.....

ANTONIO MEDÍZ BOLIO

ÁRBOLES TUTORES Y PROTECTORES DE LA VAINILLA

No existe un acuerdo completo entre los cultivadores de vainilla, con respecto a cuál es el mejor soporte: árboles vivos, espalderas, enrejados, postes y alambradas, o muros. Los postes están sujetos a la pudrición y a los daños ocasionados por las termitas, por lo que se hace necesario reemplazarlos frecuentemente. En el caso de las alambradas o muros, las lianas, que son delicadas, pueden romperse fácilmente, en especial aquéllas que son delgadas, si se presionan demasiado durante la labor o las toca un viento intenso. Cuando se utilizan árboles pequeños es necesario acondicionarlos periódicamente, de manera que proporcionen a las plantas una sombra parcial. Esto puede lograrse también con árboles altos ampliamente espaciados, o con bananeros (*Musa* spp.)

Sin embargo, el tipo de soporte depende en gran medida de la región en donde se establece la vainillería, aunque suelen preferirse los árboles pequeños, que se consideran sin lugar a dudas el soporte ideal. La selección del árbol a utilizar, considera primero la ecología local, y después, aquellas especies de árboles cuyas pequeñas hojas permiten un tamizado efectivo de la luz solar como si fuesen filtros.

La mayor parte de los productores selecciona aquellas especies que desarrollan rápidamente a plena luz y que producen ramas suficientemente bajas (1.5 a 2.1 m del suelo), para que las lianas queden al alcance de los trabajadores agrícolas.

Deben ser árboles lo bastante fuertes como para soportar el peso de las plantas inclusive bajo vientos intensos y de preferencia, no deben perder nunca totalmente su follaje. También debe ser posible propagarlos por estaca grande, de manera que desarrollen rápidamente desde el principio. De ser posible, se recomienda que la plantación de tutores se realice cuando menos un año antes que la de las vainillas, de manera que el tutor tenga suficiente tiempo para desarrollar un fuste adecuado, un ramaje suficiente y resistente y la sombra requerida para el desarrollo rápido y seguro de las lianas.

Si bien los árboles como soporte le dan a la planta suficiente protección contra el sol y los vientos, algunos de ellos se vuelven inadecuados durante el periodo de maduración de las vainas. En algunos lugares del mundo se ha utilizado la plantación simultánea de variedades de plátano de crecimiento rápido y copa ancha, para tener la sombra adecuada en el momento justo. En México, se ha utilizado ocasionalmente el maíz para dar sombra a los bejucos jóvenes y después de un período razonable, se le retira. Como las hojas y lianas de la vainilla son suculentas y pesadas, quedan severamente dañadas al exponerse directamente a vientos violentos. Así, es necesario que se planten en laderas de colinas no expuestas y de preferencia, hay que rodear el vainillal con cualesquiera árboles de ramaje fuerte y follaje denso, o hierbas y arbustos que cumplan con las condiciones de protección requeridas, especialmente si los vainillales se establecen a lo largo de bandas costeras o cimas de colinas (Mod. de Correll, 1944).

Galbraith, (1898) cit. por Childers y Col. (1959) mencionaba que algunos autores consideran que los árboles tutores no deben ser productivos, porque al cosechar dos productos agrícolas distintos en el mismo sitio, más rápidamente se agota el suelo. Añade que en el caso de los tutores, el tallo no debe tener espinas y su corteza no debe desprenderse con facilidad, y que además, éstos deben tener raíces profundas que no compitan con la vainilla en la absorción de nutrientes, siendo resistentes a los vientos, de follaje perenne —o al menos que no tiren todas las hojas a la vez— y que no sean muy altos (lo que se puede controlar mediante podas), para no afectar la fecundación artificial y la cosecha. Anota-

do todo ello, podemos añadir que debe investigarse cuáles son aquellos árboles que desarrollan su sistema radicular en el mismo sitio del suelo en que lo hace la vainilla, es decir, en los primeros centímetros de éste, y una vez segregado este grupo, cuales de ellos compiten por los nutrimentos con ella, producen alelopáticos que la perjudiquen, o favorecen hongos o insectos que le sean perjudiciales. Según creo, lo más probable es que casi ninguno, o ninguno de los árboles enlistados más adelante, se ajusta a dichos criterios negativos. No es imposible, ni perjudicial pensar en un aprovechamiento integral del vainillal como ecosistema artificial de producción múltiple. La materia orgánica que acumulan los tutores al tirar sus hojas, sirve de manera indirecta, de alimento a la vainilla. ¡Es como si la planta tuviese al sistema radicular de sus tutores como una extensión de sus propias raíces para alimentarse!, sólo que con la mediación de los organismos descomponedores que forman el humus. Dentro de este contexto, es factible comprender porqué algunos investigadores destacados del ramo, como Montoya (1963 y 1945), entre otros, señalan los aspectos técnicos necesarios para iniciar el cultivo de la vainilla asociado a otros que también tienen importancia económica: cacao, hule, varios tipos de frutales, e inclusive el plátano y el café, etc.. El manejo adecuado de las relaciones ecológicas en una plantación con este nuevo criterio, asegura la calidad de la cosecha y reduce las pérdidas en caso de que alguno de los cultivos en juego se llegase a perder!.

Correll (1944) recomienda utilizar leguminosas como soporte de la vainilla, ya que éstas son útiles para mejorar el suelo empobrecido por cultivos previos.....

La "I. Convención Nacional de Vainilleros", celebrada en México en 1945, establecía que la mala selección de árboles tutores para dar sombra a los cultivos de vainilla, provocaba errores en la técnica de cultivo y recomendaba así, que el número de los mismos no debería exceder la cantidad de 1000 como máximo, por hectárea, puesto que números mayores reducían el monto de la cosecha y también, la calidad de las vainas obtenidas.

Para proporcionar la media sombra necesaria a una plantación

de vainilla, es preferible utilizar árboles frutales o bien, árboles de aprovechamiento industrial, teniendo cuidado de que el fuste de los mismos sea alto y permita una buena aireación (Montoya, 1963).

Por lo general se recomiendan árboles relativamente bajos, de 4 a 7 metros. La mayor parte de los tutores en el método de cultivo tradicional mexicano son originarios de la selva, y conforman la vegetación secundaria de los acahuales que se han desarrollado a partir de la tala de los bosques. La distancia entre ellos es de 2 a 2.5 metros (Miranda, 1976).

Según Childers y Cibes (1948) y Ashley (1976) cit. por Parra (1984) las siembras de los tutores en México, Puerto Rico y Uganda, se efectúan de Marzo a Agosto, para evitar los periodos muy secos o muy húmedos que puedan afectar al árbol plantado. En estas condiciones se obtienen los porcentajes más altos de prendimiento de las estacas plantadas. La distancia entre tutores puede ser de 2.5 x 3.0, 2.0 x 2.5 y 3.5 x 1.5 metros. En Papantla, Veracruz, la fórmula más utilizada es de 2.0 x 2.5 según Alconero y Col. (1972) y el propio Ashley, citados por el mismo autor. Sin embargo, las distancias entre tutores no pueden tomarse como un criterio determinante, ni siquiera como fórmulas ideales, puesto que la posición y densidad de siembra depende del tipo de tutor, de si éste se poda o no, si se le deja vivo o no, si se le destina a una producción alternativa o no, de los vientos dominantes en la zona, de la cantidad de sombra que en una u otra condición y posición sobre la pendiente del terreno produce, y de la planificación racional de la humedad que debe retener, entre otros factores de integración ecológica que no podemos anotar aquí y que se deben en parte a las labores culturales relacionadas con el carácter específico de las plantas de vainilla que se siembren y del método de cultivo y la densidad del propio vainillal.

Cuando sea necesario evitar el exceso de follaje que da demasiada sombra, hay que podar los tutores, pues la vainilla requiere también algo de sol (Martínez, 1969).

Parra (1984) recomienda que en Veracruz, México, la poda de los tutores se haga en los meses de diciembre y enero, que es cuando los rayos solares no son muy intensos y hay nublados y lloviznas (pero olvidada que esto desprotege frente a las heladas así que hay que evaluar riesgos). Las podas deben ser de las ramas que tienen un crecimiento vertical, para tratar de formar arbustos de tipo parasol o sombrilla, que permitan encauzar las guías de la vainilla a una altura no mayor de los 2.0 m., con lo que se facilitan las labores agrícolas. Según él, las podas deben hacerse una vez al año. Cuando los tutores tengan un crecimiento lateral que llegue a cerrar las hileras o cepas e impida la circulación del aire y el paso de la luz, es necesario hacer despuntes de las ramas más tier-nas. En Papantla, esta práctica se realiza generalmente en los meses de Agosto y Septiembre. Si los tutores se destinan también al uso comercial, el criterio de los tiempos de poda debe cambiarse de manera que al reali-zarla se favorezca el desarrollo productivo conjunto de la vainilla y su tutor. Ninguno de los criterios anotados excluye la posibilidad de utili-zar varios tipos de tutores a la vez para obtener las ventajas que brin-dan en conjunto, ni la de usar como tutores unos, y como sombra y protec-ción -en un grupo aparte- otros.

Es útil establecer alrededor del vainillal una barrera rom-pevientos con árboles altos y frondosos, que pueden servir también para formar una zona boscosa circundante, que estabilice la humedad ideal pa-rra la plantación, tanto más grande, cuanto más deforestadas estén las á-reas circundantes a la zona de cultivo. En el interior de este bosque, se sitúa la plantación, la cual, a su vez, puede tener en su interior algu-nos árboles altos, pero ya no tan frondosos, que puedan servir para pro-teger tutores chicos o frutales que no crezcan con luz total. Se pueden manejar elementos que tengan diferentes alturas, tipos de sombra y época de fructificación. Así, uno sombrea, mientras el otro se poda, y un ter-cero se cosecha....., diferentes alturas en los tutores son útiles para compensar desniveles topográficos en el terreno de la plantación, etc. En suma, la estratificación natural de la selva original, se vuelve arti-ficial en beneficio del agricultor. Todo dependerá por supuesto, de las condiciones locales y de las intenciones del agricultor.

En seguida anotamos en orden alfabético, la lista de las especies de árboles más conocidas y utilizadas en el mundo para proteger y sombrear a la vainilla, pero al mismo tiempo, añadimos usos alternativos y propiedades que se les pueden aprovechar. Como se verá, la diversidad ecológica de las especies enlistadas permite comprender la multiplicidad de condiciones en que puede manejarse la vainilla y las especies que conviven con ella en la plantación, lo que además muestra la polifacética potencialidad agrícola que queda por descubrir en este cultivo, convertido ahora, en un verdadero agroecosistema. Los autores que las mencionan son: Cornaillac (1902), Correll (1944), Vainilleros (1945), UTEHA (1952), Pennington y Col. (1954), Childers y Col. (1959), Martínez (1959), McMillan Co. (1961), Montoya (1963), Wild-Altamirano (1967), Pennington & Saruchán (1968), Bailey (1975), Miranda (1976), Cipagauta y Sánchez (1979), Martínez (1979), Williams y Col. (1980), Sánchez-Monge (1981), Byrd-Graf (1980, 1981), Souza y Col. (1981), Espina & Ordetx (1983), Parra (1984) y Niembro (1986); los cuales anotamos aquí para evitar molestas repeticiones de nombres y citas en el texto que sigue:

LISTA DE ESPECIES

Albizia lebbek (Wild.) Benth. LEGUMINOSAE

Árbol negro, acacia amarilla, algarrobo de olor, cabellos de ángel, etc. Multiplica por semilla, Trópicos y Subtrópicos. Cultivada para el aprovechamiento forrajero de sus hojas y legumbres, por su corteza tánica y por la goma que mana de su tronco. Árbol caducifolio de 6 a 15 m de altura.

Anacardium occidentale L. ANACARDIACEAE

Marañón, pajuil, anacardo, acajú, etc.. Uno de los tutores que más se utilizan en México. Multiplica por semilla. De 8 a 10 y máximo 12 metros de altura, perennifolio. Es oriundo de los llanos del bajo Amazonas desde donde se ha distribuido a casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, formando parte del bosque subtropical caducifolio. Tiene sus ramas muy extendidas y crece bien en una gran variedad de suelos —a veces casi en pura arena— pero los terrenos bajos y cenagosos le son perjudiciales. Lo que comúnmente se tiene por fruto, no es más que el pedúnculo engrosado y carnoso, de color amarillo o rojo, que contiene una pulpa astringente de sabor agradable con la que se hacen refrescos, vinos y licores de excelente calidad. El verdadero fruto es lo que se suele tener por la semilla. Es melífero. Su floración se extiende de febrero a marzo y repite ocasionalmente en mayo o junio. Las flores son polígamas, de color rosado o amarillo, y fragantes, estando dispuestas en panículas terminales que atraen durante la mayor parte del día, a gran cantidad de polinizadoras por su riqueza en néctar. El árbol se cultiva principalmente por el fruto, cuya semilla es muy apreciada como complemento alimenticio. El aceite que contiene la semilla se utiliza para condimentar ensaladas, como endurecedor del chocolate y en la fabricación de margarinas. La cáscara del fruto contiene un aceite cáustico llamado cardol que se utiliza en la industria para fabricar plásticos, resinas, insecticidas, tintas de imprenta o para el estampado de tejidos de algodón, productos farmacéuticos, gomas y barnices. El aceite acre que mana de la corteza es muy apreciado en la elaboración de barnices y repelentes de insectos. La corteza es tánica y la madera se emplea para fabricar horcones, yugos y trapiches. Toda la planta tiene usos medicinales caseros.

Annona muricata L. ANONACEAE

Guanábana. Arbolillo perennifolio de 4 a 8 m originario de las Antillas y cultivado por sus frutos comestibles en toda la América Tropical. Estos se comen crudos o en conserva, en helados, jaleas y mermeladas. También se les prepara como bebidas alcohólicas y refrescos embotellados. Las hojas y semillas contienen dos alcaloides insecticidas llamados muricina y muricinina, y pulverizadas matan piojos, chinches, polillas y cucarachas.

Artocarpus integra (Thunb.) Merr. A. heterophyllus Lam. MORACEAE

Pana cimarrona, jack, jackfruit. India, Indonesia, Malasia y Brasil. Cultivado por sus frutos y semillas comestibles. Las flores se comen en confitura. Arbol, 10 a 16 m.

Bauhinia purpurea L. (Sin. B. triandra Roxb.) LEGUMINOSAE

Palo de orquídeas, arbusto de la orquídea, orquídea de los pobres etc. Africa tropical, India, China, Antillas. Ornamental, cultivada por sus yemas y flores que se consumen como verdura, por sus hojas y flores que sirven de forraje y por la goma que se obtiene del tronco. Se le ha utilizado como soporte de la vainilla. Melífera, de tamaño mediano a pequeño. Regularmente es visitada por las abejas, en altitudes no superiores a los 300 msnm sobre la cual, su poder nectarífero decae progresivamente.

Bixa orellana L. BIXACEAE

Achiote, anato, bija, onoto, rocou, urucú, etc.. Arbolito o árbol de 3 a 4 y excepcionalmente 10 metros de altura que multiplica por semillas o estacas. Es una de las plantas más comunes de América tropical y las Antillas, y ha sido utilizado como soporte de la vainilla. Muy variable en sus características, tiene muchas formas y variedades. Sus vistosas flores, blancas o rosadas, aparecen en panículas terminales de gusto a otubre ofreciendo a las abejas abundante polen de un matiz blanco sucio. Se dice que producen una miel medicinal rojiza, pero no está confirmado. Su principal producto es la semilla; de cuya porción carnosa color rojo naranja se extrae un colorante-condimento con que los indígenas sudamericanos pintaban su cuerpo como cosmético, o para protegerse de los insectos. Ampliamente apreciado en la cocina, tiene dos principios tintóreos, uno amarillo, llamado orellina, y otro rojo, la bixina, que se utilizan para teñir fibras textiles de seda y algodón, aceites, ceras, barnices, pinturas, cosméticos y productos alimenticios. La corteza proporciona una fibra textil y las semillas tienen múltiples propiedades medicinales.

Bombax malabaricum DC. BOMBACACEAE

Árbol del algodón, seda vegetal roja, algodnero. India a Indochina. Árbol grande, de madera blanca, 25 a 30 metros de alto y tronco espinoso con contrafuertes y hojas alternas digitadas, gran abastecedor de néctar, buen protector y para sombreado difuso muy alto.

Bursera simaruba (L.) Sarg. BURSERACEAE

Palo mulato, palo colorado, quiote, chacah, indio desnudo, etc.. Árbol silvestre que alcanza los 30 m de altura, fácil de controlar a la altura deseada, muy común en casi toda la América Tropical, especialmente en México y Centroamérica, cuyo tronco se distingue fácilmente en las selvas, sean éstas secas o húmedas, y bosques de niebla, por su color rojizo debido a una epidermis muy fina, transparente, que le da un brillo cobrizo y en los cayos de monte de las sabanas. Se le usa muy frecuentemente como seto vivo -para lo cual es la especie preferente- y como ornamental, por su belleza y la facilidad con que prenden sus estacas, además de su gran resistencia a la sequía. Tolerancia casi cualquier tipo de suelo. Es uno de los principales tutores de la vainilla de nuestro país por su gran versatilidad y lo variado de sus usos. Su madera, que como única condición, debe aserrarse inmediatamente después de cortada, es blanca, admite muy bien los tintes, es resistente, y posee una estabilidad dimensional excelente, por lo que admite casi todos los usos industriales, caseros y rurales destinados a este material, sirviendo para fabricar muebles, madera terciada, herramientas y patrones, etc.. El tronco produce abundante resina que substituye al copal como incienso y tiene abundantes aplicaciones medicinales en el tratamiento de la obesidad y el dolor muscular, puede ser usada también para substituir a la cola y como cemento para pegar piezas rotas de losa, vidrio y porcelana, fabricación de barnices y lacas, etc.. Las flores son pequeñas, amarillentas, verduzcas o blanquecinas, y se producen en panículas axilares, apareciendo de marzo a mayo. Bajo condiciones ecológicas apropiadas al desarrollo robusto del árbol, secretan abundante néctar, pero esta producción es inconstante y a veces falta por completo.

Casuarina equisetifolia Forst.

Casuarina cunninghamiana Miq. CASUARINACEAE

Casuarina, pino de mar, pino australiano. Árboles originarios de Australia e introducidos en México por su gran utilidad. Alcanzan de 12 a 24 metros de altura, son perennifolios, productores de forraje y medicinales. La madera es dura y pesada y se utiliza para leña, carbón, paneles, muebles, artículos torneados, mangos para herramientas, postes, vigas, instrumentos musicales, embarcaciones y pulpa de papel. La corteza contiene tanino y sustancias colorantes; pero lo principal, es que además de considerarse ornamentales, sirven para reforestar por su rápido crecimiento, para fijar terrenos flojos, húmedos y arenosos, y para el establecimiento de excelentes cortinas rompevientos, tolerando suelos bastante estériles para otros árboles.

Coffea arabica L. RUBIACEAE

Cafeto, arbusto o árbol pequeño, de 3 a 5 m de altura originario de África tropical y que se cultiva en todos los trópicos y subtropicos del mundo, multiplicado por semillas o estaquillas. La pulpa del fruto es comestible, aunque no se le suele dar tal uso. Las semillas contienen 8 a 12 % de aceite denso, no secante, color café oscuro, muy apropiado para la fabricación de jabones. Dichos frutos son vistosos y así, hay cafetos considerados ornamentales. La semilla, sometida a un cuidadoso proceso de fermentación, secada, descascarillada y tostada, produce el café de mesa, de elevado valor económico en el mercado internacional, cuyo alcaloide, la cafeína tiene amplios usos en farmacia y en la industria para fabricar refrescos de cola. La madera tiene un limitado uso artesanal. En algunos lugares del mundo, la asociación vainilla-cafeto, ambas plantas de sombra, ha dado buenos resultados. También se substituyen, una planta por la otra, en función de su rentabilidad en el mercado. Finalmente, la cascarilla que resulta del beneficio del café, puede ser usada ventajosamente para la fabricación de cómpost.

Cola tragoantha STERCULIACEAE

Cola. Fácilmente cultivado por estacas en Gabón, sus semillas se utilizan como condimento y estimulante. Todo el género Cola Schott. tiene usos comerciales.

Crescentia cujete L.

Crescentia alata Kunth. BIGNONIACEAE

Cirián, tecomate, cuatecomate, totumo, mimbre, jícaro, morro, jícara, etc. Arbolillo o árbol de hasta 4 metros de alto a veces muy frondoso y ocasionalmente ralo, con ramaje en forma de sombrilla, típico de zonas tropicales y subtropicales de México y centroamérica, desarrollándose en suelos calcáreos secos, o en sabanas inundables. Se cultiva como planta de sombra y ornato en potreros, parques y jardines, y por sus frutos comestibles, para los cerdos, y medicinales. El epicarpio se usa para fabricar instrumentos musicales, jícaras y artesanías varias. Muy favorable en las plantaciones de vainilla. La madera se usa para fabricar sillas de montar, mangos para herramientas e implementos agrícolas, yugos, mazas y ruedas de

carretas. La pulpa del fruto adecuadamente utilizada corta la diarrea o laxa, y es emoliente, febrífugo y expectorante, aunque no tiene propiedades bactericidas. Florece en distintas épocas del año, principalmente en verano. Las flores, en forma de copa, de color amarillo verdoso son más o menos escasas, pero las abejas las frecuentan inclusive después de caer al terreno. Es melífero secundario.

Croton tiglium L. EUPHORBIACEAE

Crotón, granos de las melucas. Arbusto o arbolito de Asia Tropical. Del mismo género hay al menos 49 especies en México, que se consideran —unas más que otras— de moderada importancia apícola. Ocasionalmente se cultiva por sus semillas, de las que se obtiene un aceite combustible y medicinal. Pero lo importante es que según algunos cultivadores, resiste bien a los vientos huracanados.

Dracaena draco L. LILIACEAE

Arbol del dragón, sangre de dragón. Islas Canarias. Se cultiva por la resina del tallo, utilizada por sus propiedades medicinales y en la fabricación de barnices, por su altura, de hasta 18 metros, por su belleza ornamental; existen varias especies del género en Africa Tropical. La resina tiene propiedades tintóreas. Parece ser que se le utiliza como protector de la vainilla. Florece sólo después de 30 años de haber sido plantado y es extraordinariamente longevo. No tolera las heladas y crece muy lentamente.

Dracaena marginata Lam. LILIACEAE

Planta de tallo delgado, de 3 m de altura, con una densa roseta terminal. Se ha utilizado como soporte de la vainilla en Madagascar y Puerto Rico.

Elaeis guineensis Jacq. PALMAE

Palmera africana, palma de Guinea, coco de aceite, palma de aceite, etc.. Oriunda del Noroeste de Africa tropical, y cultivada ocasionalmente en el Sudeste de Asia y América tropical. Alcanza los 9 metros de altura y es muy exigente ecológicamente para ser buena productora o simplemente crecer. Se cultiva por el fruto, de cuyo mesocarpio se obtiene un aceite comestible y por la semilla comestible, de la que se obtiene un aceite muy cotizado para usos industriales (industria jabonera entre otras). Los cogollos pueden comerse como verdura. El turto resultante de la obtención de aceite se utiliza como pienso o para hacer cómpost. En los jardines botánicos de Singapur se desarrolló una plantación experimental asociada a vainilla, de donde se dijo que los requerimientos ecológicos de una y otra planta, eran bastante coincidentes, y que desarrollaban bien. Se considera ornamental y melífera, pues florece abundantemente, sin embargo la miel que produce es muy fuerte de sabor, oscura y astringente, y la sombra que ocasiona, tal vez sea demasiado densa.

Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl. ROSACEAE

Níspero, níspero del Japón. Árbol originario del centro y Este de China, de 5 a 8 metros de altura, tiene un ramaje cuya disposición, mediante podas adecuadas, es muy favorable a la vainilla. Se considera ornamental y se cultiva para este fin, y también comercialmente por sus frutos comestibles y astringentes y sus hojas medicinales. Su madera tiene excelente sonoridad para instrumentos musicales. Sus fragantes flores blancas, aparecen en Otoño, en racimos terminales, época en que abastecen abundantemente de polen y néctar a las abejas. La miel es ámbar y de buen sabor.

Erythrina americana Mill. LEGUMINOSAE

Colorín, pichoco, etc. Se cultiva como ornamental y por sus flores comestibles. Las semillas contienen un alcaloide tipo curare y son venenosas o alucinógenas. Se usan para hacer artesanías. Crece bien en las zonas tropicales y subtropicales de ambos hemisferios, alcanzando los 6 m de altura. Se usa frecuentemente para dar sombra al café y al cacao, y para postes vivos. Es uno de los principales tutores de la vainilla en México, y pierde las hojas en invierno cuando hay frío y nublados con lloviznas, lo que a veces resulta muy adecuado. No tiene valor apícola.

Erythrina berteriana Urb. LEGUMINOSAE

Bicará, colorín, pichoco. Uno de los principales tutores de México. Ha sido ampliamente y exitosamente cultivado junto a la vainilla en Puerto Rico. Se cultiva por sus hojas jóvenes y brotes que se comen como verdura. Las estacas se plantan como las de Gliricidia sp. (Véase adelante).

Erythrina corallodendrum L. LEGUMINOSAE

Bicará. Árbol pequeño, 3 a 5 metros, ocasionalmente espinoso o bien, desarmado. Ha sido utilizado con éxito en Puerto Rico.

Erythrina senegalensis DC. LEGUMINOSAE

Se cultiva por la fibra textil que se obtiene de la corteza y por sus hojas medicinales. Le llaman árbol del coral en la India Oriental.

Erythrina variegata Stickm. LEGUMINOSAE

Árbol del coral. Multiplica por estaca y semilla.

Ficus spp. L. MORACEAE

A este género pertenecen, la higuera, el hule y el laurel de la India, entre otros, de variadas características y usos, desde los caseros, hasta industriales y medicinales. Para la vainilla se les ha utilizado en las Islas Seychelles. Algunos miembros destacan como poliníferos, y otros para producir miel de mielato (secreción dulce de algunos insectos) rica en aminoácidos y con propiedades terapéuticas especiales.

Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. LEGUMINOSAE Faboideae.

Cocofte, cocuite, madre del cacao, mataratón, cacahuananche, etc. Según algunos autores, el mejor árbol tutor para la vainilla en México. Este, de 10 a 12 m de alto en su forma natural —no podado—, y de 35 cm de diámetro como máximo en el tronco, se encuentra distribuido en toda la vertiente del Golfo de México. Es una de las especies más utilizadas como seto vivo por la gran capacidad regenerativa de sus estacas, muy similar a la de Bursera (véase más atrás), y también existe de él una gran disponibilidad en las selvas. No se descascara, no engruesa demasiado, sus estacas enraizan rápidamente y se ramifican en la punta, con una disposición de ramaje ampliamente favorable a la vainilla. Aún cuando tira la hoja en enero, febrero y marzo, florea en la axila de la misma, y sigue proporcionando una sombra leve en los meses de más nubosidad, lluvias y bajas temperaturas (Papantla, Ver.) por lo que sirve como tutor y como sombra. Las estacas deben cortarse de dos metros de largo y plantarse en el terreno a una profundidad de 30 a 40 cm, en excavaciones o cepas hechas con cavadora o con "espeque". Es uno de los árboles más exitosamente empleados para dar sombra al cacao, café, té, vainilla, y pimienta negra. Su principal producto es la madera que se utiliza para leña y carbón, durmientes, construcciones rurales y pesadas. Se recomienda para la fabricación de muebles pequeños, implementos agrícolas, lambrín, duela, mangos para herramientas, acabados de interiores, artículos torneados, hornas para zapatos, ebanistería, escultura, mangos de cuchillos, partes de embarcaciones, pilotes para minas y traviesas. Es muy resistente a las termitas. El árbol también es melífero y ornamental. Las pecoreadoras lo visitan intensamente, aunque es muy sensible a los cambios de humedad y después de sequías prolongadas la secreción de néctar puede cesar por completo, ésta se recupera con riego o con la lluvia. La miel que se produce es de color ámbar y de gran densidad, aunque por norma general se obtiene mezclada con la de otras fuentes por ser de la floración primaveral. Se considera una de las primeras plantas melíferas de América tropical y se usa también para dar sombra a las colmenas. Sus flores son de un hermoso color rosado. Las semillas, la corteza y la raíz contienen sustancias tóxicas que se utilizan para matar roedores pequeños, aunque el ganado come las hojas y las flores se emplean en alimentación humana. Los nódulos de sus raíces enriquecen el suelo con nitrógeno. Sus propiedades tóxicas son utilizadas en medicina casera para tratar infecciones de la piel.

Hamelia patens Jacq. (Sin. H. erecta Jacq.) RUBIACEAE

Es arbusto silvestre, de 4 metros de altura, común en las costas altas y pedregosas de las Antillas y en toda la América tropical y subtropical, en ocasiones desde el nivel del mar hasta los páramos. Se le llama pona-sí, palo coral, pie de pájaro, sangre de toro, zarza escarlata, coralillo o susupinche, etc. y crece en los acahuales. Sus frutos son rojos y comestibles, ácidos. Florece gran parte del año, con profusión desde junio a octubre produciendo abundante néctar que por la forma tubiforme de las flores no está al alcance de las abejas. Sin embargo, éstas lo obtienen por las perforaciones que otros insectos practican en la corola.

Hevea brasiliensis (Willd.) Muell.-Arg. EUPHORBIACEAE
 Hule. Árbol originario del Amazonas, que alcanza los 18 metros de altura, se cultiva por su látex cauchífero, empleado para la fabricación de neumáticos, colchoncillos amortiguadores, materiales aislantes, mangueras, suelas, forros, cámaras de aire, adhesivos, pinturas especiales, impermeabilizantes, etc. etc. Las semillas contienen de 40 a 50 % de aceite secante, apropiado para fabricar jabones, carnicos y pinturas. La madera se usa para construcción en general, para componentes de muebles, tableros de fibra y de partículas. Lo recomiendan algunos autores para la vainilla, pero su sombra es muy densa y si se le poda se reduce considerablemente su rendimiento de látex. Cultivado comercialmente en ambos hemisferios.

Hibiscus spp. L.

Hibiscus rosa-sinensis L. MALVACEAE

Árboles y arbustos nativos de las regiones templadas y tropicales del mundo. Y de las cuales, unas cuantas producen alimentos, colorantes y fibras, siendo la gran mayoría sólo ornamentales. En su mayoría son proveedores de néctar y de polen pero a excepción de dos o tres, no suministran excedentes de miel. El rosa-sinensis es un árbol pequeño, o arbusto, de 3 a 5 m de altura, perennifolio, originario de China, que se conoce como tulipán, rosa de China o tulipán rojo, y su uso principal es ornamental por la belleza de sus flores rojas, amarillas, blancas o rosadas, usadas como alimento o por sus propiedades medicinales.

Inga spp.

Inga jinicuil Schlecht. LEGUMINOSAE, Mimosoideae

Jinicuil, cuajiniouil, vainillo, chalahuite, jinicuitl, guabo, guamo, etc. Árbol de 12 a 15 metros, perennifolio, que crece en el límite inferior del bosque mesófilo de montaña. No tiene usos industriales. La pulpa blanca y carnosa que rodea a las semillas es comestible y por lo tanto objeto de comercio local. La madera, de poco valor se usa para construcciones rurales y como combustible. El género comprende árboles o arbustos inermes, con hojas bipinnadas a menudo con el raquis y pecíolo alados, y grandes glándulas en el raquis entre cada par de folíolos. Las flores son realmente grandes para las mimosoideas, casi siempre blancas o blanquizas, dispuestas en cabezuelas globosas, umbelas o espigas más o menos alargadas. Han adquirido gran importancia como árboles de sombra para el café, pues además de la sombra ideal, aportan gran cantidad de nitrógeno al suelo y la mayoría son de gran valor en apicultura por la riqueza nectárea de sus flores, la mayoría florece en invierno y primavera, suministrando una miel de primera clase, muy aceptada en el mercado internacional. También forman buenas cortinas rompevientos, usadas en las plantaciones de café y naranjo.

Jatropha curcas L. EUPHORBIACEAE

Piñón de Indias, piñoncillo. Es un arbusto o arbolito que llega a veces hasta a 6 m de alto, con las ramas nuevas muy lechosas y carnosas. Es una de las especies más comunes de las regiones cálidas de América y África occidental. También se le ha llamado frailecillo y piñón cimarrón, etc. y se supone el mejor y más resistente tutor del mundo para la vainilla en

las zonas con vientos ciclónicos. Muchos cultivadores indican también, que modifica positivamente las propiedades de la vainilla. Se propaga fácilmente por estacas, debiendo sembrarse 18 meses antes que la vainilla para dar resultados óptimos. También se propaga por semillas y crece rápidamente. Se emplea a menudo en cercas, donde se convierte en poste permanente. Es uno de los principales tutores de México. Es ornamental y se cultiva por sus semillas. Éstas, son sumamente tóxicas por la presencia de un alcaloide llamado curcina que dependiendo de la dosis ingerida produce síntomas que van desde una purga, hasta la muerte y que tienen un sabor agradable que conduce fácilmente a accidentes infantiles. Ya todas son inocuas. Contienen 25 a 40 % de aceite semisecante amarillo fácilmente extraíble por presión, el cual se utiliza en iluminación, como lubricante y para fabricar jabones y pinturas. Las hojas son estupefacientes y se utilizan machacadas para envenenar a los peces. El jugo del tronco es hemostático. Tiene flores amarillo-verdosas dispuestas en cimas contraídas que abren por Abril y Mayo, secretando néctar abundantemente, con el que se produce una miel ámbar oscuro de sabor fuerte pero agradable bien conocida en las Antillas Mayores. El árbol es apreciado en Ghana como melífero.

Lagerstroemia floribunda Jack. LYTHRACEAE

Mirto. Arbol frondoso para protección circundante, follaje denso 20 m de altura.

Mangifera indica L. ANACARDIACEAE

Mango. Arbol ornamental originario de la India y Ceilán, con variedades que van desde los 10 hasta los 38 metros de altura y que se cultiva por sus excelentes frutos comestibles en todos los trópicos y subtrópicos del mundo a condición de que el viento no le tire las flores. Los frutos son muy apreciados como complemento alimenticio, crudos o en conserva, también se usan como condimento y para la obtención de bebidas alcohólicas y vinagre por fermentación. Las semillas se comen tostadas y poseen propiedades astringentes y antihelmínticas. Las hojas y la corteza son tánicas. La resina aromática que mana del tronco es medicinal, al igual que el cocimiento de la corteza y la madera se utiliza para fabricar muebles, chapa, triplay, pisos, artículos torneados, culatas de armas de fuego, decoración de interiores, carrocerías, cajas para té y construcciones rurales. Para el apicultor ha resultado ser uno de los frutales de mayor utilidad por la considerable cantidad de néctar y polen que produce. Sus flores, pequeñas y amarillentas aparecen en panículas axilares y terminales muy densas, desde noviembre hasta marzo y algunas variedades hasta abril o mayo. Temprano en la mañana, bajo buenas condiciones atmosféricas, secretan gran cantidad de néctar, lo que cesa el resto del día. La miel producida es de color ámbar carmelitoso, muy densa y excelente.

Manihot esculenta Crantz. (Sin. M. utilissima P.) EUPHORBIACEAE

Yuca, yuca brava, guacamote, tapioca, mandioca, cazabe, etc.. Pequeño arbusto perennifolio de 1.5 a 3.0 m de altura originario del Brasil. Se cultiva en todos los trópicos y subtropicos del mundo por sus tubérculos feculentos comestibles, de los cuales se obtiene almidón, tapioca, miel y cerveza, y a los que se utiliza también para forraje. Las hojas a su vez pueden comerse o utilizarse para forraje. La raíz es cianogénica cuando está cruda y puede causar la muerte, lo que se elimina mediante la cocción. Carece de importancia apícola.

Manilkara zapota (L.) Van Royen (Sin. Achras zapota L.) SAPOTACEAE

Chicozapote, níspero, zapote de abejas, chicle, etc.. Es un árbol perennifolio de tamaño variable dependiendo de las condiciones ecológicas. Hay ejemplares bien desarrollados, de 4 a 6 m de altura, y también algunos enormes, que llegan a alcanzar 40 metros. Característico de la selva tropical húmeda y del bosque tropical subcaducifolio de México y parte norte de centroamérica, se cultiva por sus frutos de excelente sabor y calidad, altamente apreciados y por sus hojas y brotes jóvenes que se comen como verduras, así como por su gomorresina o látex, que es la base de la goma de mascar del comercio, y también, de adhesivos, pinturas y barnices resistentes al agua, así como aislantes eléctricos. Se le utiliza como sombra, ornamental y frutal, y las semillas y corteza tienen propiedades medicinales. Su madera, es durísima y de excelente calidad, se utiliza para columnas, partes de vehículos, construcciones rurales, armazones de barcos, muebles de lujo, decoración de interiores, ebanistería, construcciones marinas, mangos para herramientas e implementos agrícolas, dinteles, vigas, durmientes, parquet y en escultura. etc. etc. No se sabe si es melífero.

Moringa oleifera Lam. (Sin. M. pterygosperma Gaertn.) MORINGACEAE

Jácinto, paraíso blanco, perlas de oriente, árbol de los espárragos, bernalado, árbol de las perlas, terebinto, etc. Árbol perennifolio cultivado, de 8 a 10 metros de altura, originario de la India y Norte de Africa, de poco desarrollo, empleado generalmente como sombra, ornamental, o para cercas, por la belleza de sus flores blancas. Propaga por semilla. De éstas se obtiene 25 a 30 % de aceite muy fino, aromático, no secante, conocido en el comercio por su altísima calidad, como aceite de ben, usado para lubricar maquinaria de precisión y relojería, constituyendo además la base incorruptible de perfumes y jabones finos. Es un laxante peligroso. La resina del árbol es medicinal y sus flores, fragantes, dispuestas en panículas axilares, son melíferas, apareciendo por un largo periodo en primavera y verano aunque se las considera productoras secundarias de néctar. El arilo es aromático. Las hojas y frutos jóvenes se comen como verdura y también son comestibles las semillas si se tuestan. Las raíces se usan como condimento y hojas y ramas sirven para forraje.

Muntingia calabura L. ELAEOCARPACEAE

Capulín, capulín de montaña, nigua, cerecillo, nemiso, pasito, etc.. Es un arbusto o árbol pequeño de 8 a 12 m de altura, que forma parte del bosque subcaducifolio tropical, donde crece en las malezas húmedas o secas y en las riberas arenosas, especialmente en las comunidades secundarias, abundando especialmente sobre suelos de marga caliza, a 900 m o menos de altitud, con amplia distribución en las regiones cálidas de América, desde el Sur de México, hasta Panamá, Antillas y Norte de Sudamérica, y aparentemente introducido en Indochina y Filipinas. Multiplica produciendo numerosas semillas que se presentan en bayas pequeñas, comestibles, que se consumen en forma de jalea. La corteza del árbol posee fibras resistentes que se utilizan en cordelería, jarciería, cestería y confección de prendas de vestir. Lo importante es que es buen soporte y su floración es laxa pero dura mucho tiempo, desde primavera hasta otoño. No se conoce su miel. Sus flores son axilares, solitarias y blancas. No tiene usos industriales aunque se considera fuente potencial para pulpa de papel y su madera tiene algún uso local. Las flores son antiespasmódicas en infusión.

Musa spp. L. MUSACEAE

Plátano, guineo, bananero, etc., es una de las plantas de mayor cultivo en las regiones tropicales, constituyendo en algunos países la primera fuente de riqueza, exportándose su producción. Es una monocotiledónea ocasionalmente llamada árbol, aunque no lo es. Tiene un tallo radical que se lanza hacia arriba, cargado de flores y frutos, pero que en realidad sólo está formado por las vainas enrolladas de las hojas que se extienden en forma de anchos óvalos en todas direcciones. Las venas de las hojas son paralelas y no contribuyen a su sostén. El falso tallo representa un artificio que asegura el rápido crecimiento vertical con un mínimo de gasto en biomasa y las hojas son eficientes productoras de carbohidratos. La floración se prolonga todo el año, aunque es máxima en Otoño e Invierno. La miel que produce, es oscura, astringente y de baja calidad, por lo que se usa para la alimentación artificial de las abejas, y no puede utilizarse si contiene insecticidas que requiere la explotación comercial del plátano. Para la vainilla sirve bien como sombra, cuando las hiladas o setos de ésta se han colocado en postes. Algunos autores sugieren que la asociación de ambos resulta ventajosa. Siempre hubo alguna especie con el tamaño y características adecuadas para sombrear, pero últimamente están siendo diezmadas por la Sigatoka, una enfermedad fúngica que las extermina y constituye un serio valor de riesgo (Ceroospora musae, ó Myco-
phaerella musicola).

Nectandra spp. LAURACEAE

Conocidos como laureles o aguacatillos, o palos de humo, los árboles de este género se utilizan con mucha frecuencia como tutores en Papantla. Las cortezas y cálices florales de algunos de ellos se utilizan como condimento. Algunos ejemplares llegan a 8 o 10 metros de altura.

Pandanus hornei Balf. PANDANACEAE

Pandano. Árbol que se cultiva por sus hojas que se utilizan en la construcción de esteras. Dentro del género algunos miembros producen frutos comestibles y hojas aromáticas que se usan como condimento. Soporte de la vainilla en las Islas Seycheles.

Pandanus utilis Bory. PANDANACEAE

Panda, palma de caracol, etc. Árbol. Multiplica por hijuelos. Madagascar, Antillas, América Central, Brasil. Se cultiva por sus hojas cuyas fibras se utilizan en la confección de sacos, canastas y artículos domésticos, contiene una sustancia feculenta comestible después de la cocción. Alcanza los 18 metros de altura.

Persea americana Mill. (Sin. P. gratissima Gaertn.) LAURACEAE

Aguaate, avocado, palta, etc. Árbol perennifolio de 15 a 20 m. de altura oriundo de México y América Central, donde forma bosques puros, o se halla como parte de la selva tropical perennifolia. Ampliamente cultivado por sus excelentes frutos. Crece bien con poca atención en diferentes tipos de terreno y en condiciones variables de temperatura o humedad, y fructifica abundantemente. La floración depende de la variedad, temprana o tardía, desde febrero hasta abril. Sus pequeñas flores hermafroditas y a veces unisexuales en el mismo individuo, son de color verde amarillento o crema y tienen una producción de néctar muy variable, posiblemente la mejor dentro de la familia de las lauráceas, que depende de las condiciones atmosféricas, aumentando con la humedad. La miel es de sabor fuerte, muy oscura, espesa y parecida al melado de caña. El fruto es rico en vitaminas y ácidos grasos y muy apreciado como alimento. Del aceite de la pulpa, que tiene usos culinarios, se obtienen jabones y cosméticos debido a su alto grado de penetración en la piel. La madera tiene varios usos rurales e industriales; hojas, corteza y partes del fruto tienen reconocidas propiedades medicinales, por lo que se les utiliza bastante.

Piscidia piscipula (L.) Sarg. LEGUMINOSAE

Cocuite, habín, guamá candelón, ventura, etc.. Uno de los árboles tutores que más se acostumbra en México, ampliamente distribuido —aunque no muy abundante— en la vertiente del Golfo de México, Guatemala, Antillas, Florida y parte septentrional de América del Sur. Crece hasta 15 metros. La corteza es venenosa conteniendo varias sustancias narcóticas como el alcaloide picidina, que ofrece posibilidades para la obtención de anestésicos e insecticidas; la corteza machacada se utiliza para atontar a los peces. Su madera es muy dura y de calidad excelente, con variados usos que van desde piezas de resistencia estructural, hasta partes y objetos ornamentales. Las flores son rosadas, dispuestas en panículas muy cargadas que aparecen de Marzo a Mayo, muy nectaríferas. Es una de las mejores especies melíferas del área del Caribe. La miel es excelente, ambarina y no cristaliza.

Pouteria sapota (Jacq.) H.E. Moore & Stearn (Sin. Calocarpum sapota (Jacq.) Merr.; C. mammosum Auct.) SAPOTACEAE

Mamey, zapote mamey, mamey colorado, zapote colorado, etc. Árbol caducifolio de 10 a 40 metros de altura, originario de las tierras bajas de América Central, donde forma parte de los bosques tropicales perennifolios y subcaducifolios. Se le cultiva por sus excelentes frutos comestibles en toda la América tropical, y por sus almendras medicinales, de las que se extrae hasta 50% de aceite no secante utilizado en cosmética y artículos de tocador, o para bruñir maderas finas. La madera, de excelente calidad, se adapta a casi todos los usos. Las flores, blancas o amarillentas, casi sésiles, aparecen generalmente en flomérulos densos a lo largo del tronco y ramas, en otoño, secretando abundante néctar del que se obtiene miel de densidad media y color ámbar.

Pterocarpus indicus Willd. LEGUMINOSAE, Faboideae

Padouk, drago, sangre de drago. El P. marsupium es el llamado quino de Malabar, y el P. santalinus tiene la madera parecida al sándalo. Producen un zumo astringente y curtiembre. En México hay P. acapulcensis Rose pero no se le ha reportado como utilizable en los vainillales. Alcanza 20 a 25 m de altura y tiene varios usos.

Spondias mombin L. ANACARDIACEAE

Jobo, ciruela amarilla, jocote, etc.. Es un árbol caducifolio grande, de hasta 25 metros de altura, indígena de América Tropical y Africa occidental. Se le encuentra formando parte de la selva tropical perennifolia y subcaducifolia desde el Sur de México hasta Brasil, siempre por debajo de los 800 m de altitud, y también en Indonesia y Filipinas. Se emplea a menudo como poste de cercas vivas pues prende fácilmente por estaca y también por semilla. Se cultiva por el fruto y la madera, que son sus principales productos. El fruto es una drupa obovada, amarilla, con mesocarpio carnoso y comestible de la que se obtienen además, conservas, vinos y licores. La madera, de calidad regular, se utiliza como leña y en carpintería en general. La goma que mana del tronco sirve como pegamento ordinario. Florea de abril a mayo, en panículas largas con florecillas blanquecinas. La secreción nectárea matinal es muy intensa por lo que se considera una de las principales especies melíferas de América tropical. La miel es ámbar, de sabor agradable. Una especie cercana, de calidad inferior en algunos aspectos, es S. purpurea L.

Tabernaemontana alba Mull. APOCYNACEAE

Cojón de mico, cojón de gato, lechillo, lecherillo, jasmín de perro, etc. Uno de los tutores preferidos en la región de Papantla y además, uno de los más utilizados en México. Es probable que no sea la única especie del género utilizada para tal fin. Como melífero es sólo de mera subsistencia.

Tamarindus indica L. LEGUMINOSAE, Caesalpinoideae

Tamarindo. Árbol perennifolio de 20 a 25 m. de altura, oriundo del Sur de Asia y Africa tropical, que se cultiva en todas las regiones cálidas en algunas de las cuales se ha naturalizado y se le encuentra silvestre. Es un árbol vivaz, coposo y recio cuyo principal producto es el fruto, de pulpa carnosa y ácida, muy apreciada para la elaboración de bebidas refrescantes, dulces, helados, jaleas y laxantes. Las semillas son también comestibles; pulverizadas y mezcladas con goma arábiga resultan un pegamento excelente. Hojas y flores pueden comerse como verdura, y junto con los frutos, se utilizan como condimento. Su follaje suele ser muy denso y por lo tanto su sombra puede resultar excesiva, sin embargo es buen protector. La madera, dura y resistente, se usa para leña y carbón, cimbra, pilares, vigas, artículos torneados, muebles, prensas, mangos de herramientas e implementos agrícolas. También se considera una especie ornamental. Si bien no es muy abundante su producción de néctar, su florada se presenta en cambio durante la temporada de carestía, lo cual resulta útil. Sus flores amarillas, manchadas de rojo, aparecen desde mayo hasta agosto y son visitadas por las pecoreadoras todo el día.

Theobroma cacao L. spp. cacao STERCULIACEAE

Cacao, cacaotero, cacaocuáhuatl, tlalcáhuatl, etc. Árbol umbrófilo perennifolio de 6 a 8 metros de altura, originario de la parte septentrional de Sudamérica, donde se halla silvestre en algunas zonas, y ampliamente cultivado en forma comercial en toda la América y algunos lugares de Africa tropical, por sus frutos, cuyas semillas eran empleadas como moneda desde tiempos precolombinos, y de las que por procedimientos que van desde los caseros, hasta los industriales altamente especializados, se obtienen el chocolate y la cocoa, y de ahí, dulces, confituras, helados y bebidas embotelladas o licores. Del fruto se aísla también el alcaloide theobromina, diurético y vasodilatador de uso médico. La manteca vegetal que contienen las semillas (manteca de cacao) en alta proporción se utiliza en farmacia como emoliente y para fabricar cremas, unguentos, cosméticos y pomadas. La ventajosa y repetidamente comprobada, asociación de los cultivos de cacao y vainilla, proviene de tiempos anteriores a la conquista de México. El tema ha sido detallado ampliamente en esta tesis (Véase el capítulo de Historia). En apicultura no es planta ni de cosecha ni de sostenimiento, y las abejas meliponas la perjudican.

Trophis racemosa (L.) Urban. MORACEAE

Ramón, ramón colorado, ramoncillo, papelillo, etc. Es un árbol perennifolio de las selvas primarias y secundarias subcaducifolias. Se cultiva por sus frutos comestibles y por sus hojas forrajeras. La corteza es táxica. Alcanza los 20 metros de altura. La madera se utiliza como leña, para postes y en construcciones rurales.

CAPÍTULO CUARTO

PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LA VAINILLA

PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LA VAINILLA

Tu puedes expulsar a la naturaleza por la violencia, pero ella regresa siempre

Quinto Horacio Flaco (65-8 a.C.)

Aunque los problemas por ataque de plagas y enfermedades son esporádicos en México, es necesario considerarlos para evitar en lo posible las mermas que ocasionan cuando se presentan. Aún a nivel mundial, se ha visto que no existen enfermedades o plagas mayores de importancia en este cultivo cuando está bien atendido. Sin embargo, cuando se presentan y no se atienden con la debida oportunidad, es posible perder el vainillal completo o percibir daños de consideración (Williams y Col., 1980; Herrerías, 1980).

Aun a nivel preventivo, se requiere un conocimiento profundo del ciclo de vida de tales especies desde un punto de vista ecológico. No basta conocer cuáles son las plagas que atacan al vainillal, es necesario también saber en que otras plantas y cultivos cercanos a la plantación se desarrollan o pasan parte de su ciclo vital y bajo qué condiciones se pueden transferir a nuestro cultivo y dañarlo. Todo esto implica un riguroso trabajo científico de campo que permita la construcción de esquemas y modelos que conduzcan a la previsión de aquellos momentos en los cuales el ciclo de vida de la plaga o enfermedad (o ambas), es favorecido por las condiciones climatológicas y coincide con el ciclo de vida de la vainilla en su punto más sensible a dicho ataque. De lo contrario, la aplicación de un plaguicida puede ser no sólo inoportuna, sino también contraproducente. Aquí, es más importante la comprensión del sistema de plantación en su conjunto, para realizar labores agrícolas preventivas, que actuar con tóxicos en forma desespereada.

PLAGAS

Los moluscos gasterópodos -caracoles y babosas- son perjudiciales cuando abundan, ya que suelen roer la corteza del vainillero, especialmente durante los años secos (Cornailiac, 1912; Hernández, 1981). Dentro de este grupo, Parra (1984) ha señalado particularmente la presencia de las babosas del género Vaquinus, que se alimentan de hojas y tallos durante la noche, mientras que de día se protegen entre la hojarasca de la desecación producida por el sol. En Veracruz se les combate con un producto granulado llamado Tappe, aplicando 50 a 100 g por planta cuando se ha iniciado el daño. Preferentemente, conviene revisar la plantación con una lámpara de mano durante la noche, y si se las detecta en algún punto, se puede aplicar un cebo de avena con metaldehído al 10%, antes de que su número sea excesivo.

INSECTOS

Exponemos a continuación, en orden alfabético, lo que se sabe de las especies de insectos más importantes que atacan a la vainilla.

Cerataphis lataniae (Boisd.).

Pulgón o áfido de las palmas (Aphididae). Se le ha detectado en Cuba en condiciones experimentales atacando a la vainilla (Julián Acuña, cit. por Bruner y Col., 1975), a la que infesta más bien de modo ligero. Cuando ataca a la Palma Real: Roystonea regia, su verdadero u original hospedante, actúa como vector de la "fumagina". W.T. Horne lo observó por primera vez en Cuba en 1909 atacando a los cocoteros jóvenes. Se puede combatir biológicamente mediante sus enemigos naturales: Cycloneda limbifer Cay., y Baccha latiuscula Lw. (Bruner y Col., 1975). Se puede inferir que la presencia de palmas en las cercanías de un vainillal, es un factor de riesgo si éstas están afectadas por el áfido.

Conchylia vanillana (Sin. Phalonia).

Oruga de una mariposa nocturna (falena) que a veces provoca daños, al atacar a los frutos jóvenes después de la fecundación, produciéndoles ya sea resecaimiento, o manchas irregulares que dañan o reducen su valor comercial, y provocan finalmente su caída si el daño llega a ser severo. Es de color negro con puntos gris-cenizo, y una longitud de 7 a 8 mm (Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979).

Cratopus punctum Fabr.

Gorgojo de color gris-cenizo, escarba agujeros en las flores y en ocasiones destruye la columna (Cornailao, 1902; Correll, 1944).

Dydarcus concoloratus; D. obscurate

Hemípteros. Son unas "Chinches" que atacan los retoños y las flores de la planta impidiendo la fructificación (Cipagauta y Sánchez, 1979; Hernández, 1981).

Eriosoma lanigerum (Hausmann).

Homóptero, Afididae. El "Piojo o Pulgón lanudo o lanífero". Herrerías (1980) lo cita únicamente por el género como plaga de la vainilla. Pero el nombre común corresponde a la especie que anotamos aquí, conocida como "Pulgón lanífero del manzano" (Wooly apple afid), que proviene de los Estados Unidos y ataca también al duraznero, al membrillero, al peral y al perón (Bruner y Col., 1975; MacGregor & Gutiérrez, 1983). La alimentación del insecto ocasiona partiduras de callos y permite la entrada de microorganismos patógenos (Metcalf & Flint, 1985).

Euricipitia vestitus Champ.

Hemíptero, Gymnocerata. Nos referimos al "Piojo colorado de la vainilla", una "Chinche" que alcanza los 8 mm. de longitud, fácilmente reconocible, en las hojas, y en algunas ocasiones en el bejuco. Su presencia es temporal y por lo mismo no parece revestir gran importancia económica. Pero las lesiones que produce, propician el desarrollo de enfermedades fungosas, lo que hace necesario un estudio más profundo de su ciclo biológico hasta hoy desconocido (Herrerías, 1980).

Hoplia retusa Klug.

Pequeño escarabajo lamelicornio que escarba agujeros en la corola de las flores y en ocasiones destruye la columna (Cornailac, 1902; Correll, 1944).

Hormigas (no se menciona ningún género en especial)

Cuando son abundantes, afectan los frutos. Para prevenir la invasión se puede utilizar la vía del método mecánico tradicional, que consiste en rodear la base de las inflorescencias con tiras de hojas de plátano impregnadas de brea (podría usarse resina de meloponinos), o la vía del control químico, el clordano o el dieldrín, aplicados directamente en los hormigueros (Hernández, 1981; Martínez, 1959). Algunos hongos entomófagos causan gran mortalidad en las hormigas, y las plantas del género Tagetes sp. (Cempaxúchil) las repelen.

Lepidosaphes gloverii (Packard)

Homóptero, Diaspididae. Ataca a la vainilla y también a los cítricos y el mango. Es la "Escama Ostión de Glover" (Glover scale), de fácil control con insecticidas de contacto o efecto estomacal. Proviene de los campos de cítricos de Florida (Herrerías, 1980; MacGregor & Gutiérrez, 1983).

Nezara viridula L. (Sin. N. smaragdula Fabr.)
(algunos autores escriben N. amaragdula Fabr.)

Hemíptero, conocido como: chinche apestosa del sur, hedionda, verde, verde de los bosques, esmeralda, maya verde, o catarina esmeralda, de color verde "zacate" o verde brillante. Es menos destructiva que el género Trioza spp. (véase más adelante). Ovoposita sobre las hojas y tallos de la vainilla, y cuando las larvas salen del huevo, chupan la savia de los botones florales y de los tallos para desarrollarse. Son grandes, aplanadas, con forma de escudo y apestan, midiendo 1.6 cm. de largo, presentando ninfas de varios tamaños con manchas rojizas. Chupan la savia y envenenan las plantas ocasionando la caída de las vainas o la formación de áreas endurecidas y nudosas, inyectando al mismo tiempo, una saliva tóxica que causa necrosis local, pudrición y marchitez. Las punciones de alimentación permiten el ingreso de patógenos transmitidos por el insecto. Se les considera plagas de importancia menor a intermedia, y generalmente es innecesario su control. Numerosos insecticidas las acaban, y hay también insectos entomófagos de tipo parasitoide para su control biológico, como son Telenomus spp. y Trichopoda pennipes F. que se establecen respectivamente en los huevecillos, y en el insecto adulto. (Cornailiac, 1902; Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979; King & Saunders, 1984; y Metcalf & Flint, 1985).⁴

⁴ En todas las descripciones de las obras específicas de vainilla que he consultado, hay serias deficiencias en cuanto a la correcta descripción de las plagas que la atacan. No sería casual, aunque he tratado de evitarlo, que un entomólogo experimentado encuentre, con bibliografía más especializada, que alguna de las especies descritas esté presente en ésta lista con dos nombres distintos, considerando especialmente la época de algunas de las fuentes. Otro error notable, especialmente hallado en fuentes de origen agronómico, consiste en una incorrecta aplicación de las normas internacionales de nomenclatura de especies. Como el capítulo que nos ocupa es puramente bibliográfico, he preferido dejar los nombres tal y como se hallaron en la bibliografía.

Papilleo polyxenes F. (Sin. P. ajax L.).

Lepidóptero, Papilionidae. Una oruga conocida como "gusano perro" ó "medidor del apio". Se cría en varias especies de Umbelíferas, pero los ataques son esporádicos, ocurriendo a largos intervalos de tiempo. Ataca también al hinojo: Foeniculum vulgare y al perejil: Petroselinum latifolium Pers.. Es la larva de una mariposa diurna llamada "mariposa negra de cola de golondrina" miembro de una familia única, por poseer partes bucales de tipo masticador. Una subespecie de ésta, es plaga de varios productos hortícolas en los EEUU. (Bruner y Col, 1975; Herrerías, 1980; Metcalf & Flint, 1985).

Perissoderes ruficollis Waterh.

Según Correll (1944) se trata de un gorgojo, el más destructivo de la vainilla dentro de este grupo. M. Bordage (1900) y Ridley (1912) cit. por Hernández (1981) lo hallaron en Madagascar. El insecto permanece breve tiempo en el interior del tallo haciendo perforaciones.

Polilla de la vainilla

Cornailiac (1902) cita a ésta como un microlepidóptero no identificado, que ataca a la vainilla cultivada, sin dar detalles.

Plusia aurifera Hb. (Sin. Autographa orichalcea Fabr.).

Oruga de la falena (mariposa nocturna) conocida como "plusia dorada". La larva se conoce como chivo peludo, o gusano peludo, siendo de color rojizo o negro. Llega a medir hasta 5 cm. Se alimenta de las flores, hojas y tallos tiernos. Por su voracidad, es capaz de destruir en una sola noche dos o tres brotes, de tal manera que aún las bajas poblaciones constituyen un problema para el cultivo. Es común en Reunión, Madagascar, Africa Continental, Santa Elena, Tenerife, y el Sur de Europa, existien-

do también en México, donde se le combate con Parathión Metílico 50%, 100 cc para 100 l de agua y 40 cc de adherente, aplicándose en cuanto se inicia el daño (Cornailiac, 1902; Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979; Hernández, 1981; Parra, 1984).

Simplica inaequalis Guen.

Oruga que ataca a la vainilla en algunas ocasiones (Correll, 1944).

Spinas floridulos

Hemíptero conocido con el nombre de piojo, piojo rojo, o piojo de la vainilla. Mide de 3 a 5 mm de longitud. El adulto es de color rojo. Vive en el envés de las hojas formando colonias que se ven como pequeñas manchas blanquecinas. Destruye los tejidos de las hojas, tallos y frutos, al alimentarse de la savia. Por las heridas que produce penetran hongos que causan pudriciones de las hojas y las hacen caer. Se combate con dosis de 200 cc de Gusatión Metílico, 200 cc de Malathión 50%, ó 150 cc de Folidol, cada una de ellas con 40 cc de adherente y disuelta en 100 l de agua. El tratamiento debe aplicarse al encontrar en el vainillal dos o más colonias. Los piquetes también se observan como pequeños puntos blanquecinos. (Cipagauta y Sánchez, 1979; Hernández, 1981; Parra, 1984).

Trioza del aguacatero salvaje

Cornailiac (1902) cita a este "hemíptero" como un peligroso enemigo de la vainilla cultivada. Podría tratarse de Trioza anceps Tuthill que es homóptero, Psyllidae, o de una confusión con la especie siguiente.

Trioza litseae

Hemíptero, Psyllidae, la "Chinche" más destructiva de la vainilla. Esta, ha sido observada en Reunión atacando las yemas y las flores, perforándolas para producir manchas putrefactas. (Correll, 1944).

Las personas que trabajan con la vainilla padecen a veces una dermatitis acompañada de prurito intenso, coriza y malestar que cursa con dolor de cabeza, problemas gástricos y urticaria, denominada vainillismo, que tiene dos causas de origen. Una de ellas, que conduce a lo que se diferencia como "vainillismo nervioso", tiene origen alérgico y cursa como una urticaria debida a la excesiva cantidad de cristales de oxalato que la planta posee en la savia de hojas y tallos; la otra, se debe a un ácaro, que ocasionalmente habita en el extremo del fruto y que durante el beneficio de este último, bajo ciertas condiciones, se puede hacer extremadamente abundante. No se ha identificado (UTEHA, 1952).

ENFERMEDADES

Lecomte & Chalot (1901) cit. por Correll (1944) mencionan a Bacterium briosianum Pavar. como parásito de las hojas de las vainillas cultivadas en los Jardines Botánicos de Italia. Dicho género, ha sufrido desde entonces varias modificaciones dentro de los sistemas de clasificación de bacterias fitopatógenas. Primero incluía todas aquéllas no móviles (Clasificación de Mígula, hasta 1900), después a las Gramnegativas que no producen endosporas (Clasificación de Lehman y Newmann, hasta 1927). Posteriormente, Smith, en 1905 segregó de éstas al grupo Aplanobacter, hasta 1948 en que apareció la de Bergey, que lo eliminó. Por lo tanto es necesaria una revisión para saber realmente de que bacteria se trata. (Apuntes de la Materia de Fitobacteriología, Dr. Fucikovski, 1982-3).

Los Hongos representan un grave problema, pues a causa de ellos se han destruído grandes vainillales (Hernández, 1981). Ya en 1963, Montoya indicaba la conveniencia de tratar con un baño de "caldo bordelés" todos los materiales de reproducción como medida preventiva (Véase el método de preparación en Tamaro, 1979). Se exponen a continuación, en orden alfabético los más importantes.

Atichea vanillae (Pat.) V. Hoeh.

Parasita las hojas en Tahití (Correll, 1944).

Calospora vanillae Masee

Antracnosis. Sin lugar a dudas la más extendida y seria enfermedad de la vainilla. Ataca el ápice vegetativo del bejuco, las hojas, las raíces aéreas y los frutos. Se cree que el hongo secreta una toxina en el suelo, la cual afecta a varias partes de la planta cuando éstas en tran en contacto con aquél. Cuando las plantas que han sido atacadas son trasplantadas a un suelo no infectado, recuperan inmediatamente su vigor. Esto sugiere que los vainillales deben ser establecidos en aquellos suelos que jamás han sido utilizados para tal fin. Ridley, cit. por Correll, (1944) establece que la enfermedad fue vista por primera vez en 1387 en las Seycheles y que en esa ocasión, cientos de las vainas más finas caye ron y se marchitaron. Observó que se volvían oscuras en el ápice, o en medio, cayendo en uno o dos días. Esta enfermedad ha afectado la producción en las Mascareñas, Comores, Seycheles, Indias Occidentales, Tahití y Colombia y fue identificada por Hernández (1981) en los vainillales del Ejido de Altamirano, en México. Se presenta como manchas numerosas de co lor amarillo ocre o pústulas rojas o ambarinas previa decoloración, de hasta 5 mm de diámetro. Correll anota también, que se ha encontrado que si se queman las partes de la planta muertas o moribundas, la enfermedad puede ser controlada y a veces erradicada y señala que la presencia de un exeso de humedad en las hojas, una estación de lluvias prolongada o un terreno insuficientemente drenado y mucha sombra, son factores definitivamente predisponentes. Lo mismo ocurre cuando el terreno se sobrepue bla de cepas. Martínez, (1959) asocia la presencia de este hongo con pérdida de vigor de la planta y recomienda podarla, para asegurar un aporte de savia suficiente que mantenga la resistencia del bejuco frente a los ataques. Williams y Col. (1980) observaron el problema desde un punto de vista general y anotan que la simple implementación de un drenaje adecuado, acaba con esta enfermedad. (Correll, 1944; Martínez, 1959; Cipagauta y Sánchez, 1979; Williams y Col. 1980; Hernández, 1981).

Colletotrichum vanillae Scalia

Antracnosis. Se caracteriza por manchas circulares hundidas de color obscuro en el bejuco y en las hojas, principalmente en el envés de éstas. El hongo se introduce a través de las heridas producidas por los insectos en forma mecánica. En un principio las manchas son amarillentas pero se oscurecen rápido y al desarrollarse la enfermedad se van secando y aparecen en su superficie pequeños puntos negros que son las fructificaciones del hongo. Si el parasitismo es severo, ocasiona la muerte del bejuco y la destrucción de la planta. Al parecer fue vista por primera vez en Tahití, pero actualmente está muy distribuida. Se le encuentra principalmente en terrenos poco drenados y muy sombreados, y para su combate se recomiendan las mismas medidas que en la enfermedad precedente. Se le trata químicamente con 300 g de Captán 50; 400 g de sulfato tri-básico de cobre, o 400 g de Cupravit, -cualquiera de los tratamientos- con 40 cc de adherente, y respectivamente en dosis para 100 litros de agua. El tratamiento se aplica cada 30 días en las áreas afectadas. (Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979; Herrerías, 1980; Hernández, 1981; y Parra, 1984).

Fusarium spp

Fusarium batatatis Wollenw. var. vanillae Tucker

Fusarium oxysporum f. esp. vanillae (Tucker) Gordon.

"Podredumbre de las raíces", "pudrición de la raíz", "pudrición del tallo" ó "flacidez". Tucker 1927 cit. por Hernández 1981 ha demostrado que la fuente de infección es el suelo y que el hongo puede vivir ahí como mínimo durante 4 años. Ataca a toda la planta presentándose como una marchitez gradual que se suele atribuir equivocadamente a la falta de agua en el terreno y que posteriormente se presenta como pudrición total. Ataca principalmente en los primeros años de vida de la planta o a los tallos jóvenes y raíces primarias. Según las descripciones realizadas por Alconero (1963) Balagopal y Col. (1974) y Philip (1980) citados por Parra (1984) la planta presenta un amarillamiento de las hojas, manchas y puntos café obscuro en las raíces jóvenes, que se van tornando de color negro a medida que avanza la enfermedad; después se secan las raíces.

ces, las hojas y finalmente el tallo. Las partes afectadas terminan por desprenderse del resto de la planta. Parra (1984) detalla el daño en el tallo; los tallos jóvenes toman un color verde obscuro; posteriormente se van secando y se arrugan, presentando acanaladuras con puntos de color ladrillo. El daño localizado dentro del tallo; obstaculiza el paso del agua y ocasiona el crecimiento lento de las plantas y posteriormente, la marchitez. Después, las hojas se vuelven amarillas y se secan.

Herrerías (1980) dice que el hongo se caracteriza por sus conidios fusiformes y arqueados, hialinos, provistos de un número variable de tabiques. También anota que algunos autores consideran que la pudrición de la raíz es natural en la planta y que opinan que durante el proceso de desecación originado por la podredumbre, aquélla se alimenta por medio de las raíces secundarias en tanto se desarrollan y llegan al suelo las nuevas raíces aéreas. De ser así, es posible que la pérdida de las raíces primarias (cuando el hongo no logra afectar otras partes de la planta) sea una respuesta adaptativa al ataque del hongo, utilizándose la conducción poco eficiente de savia de estas estructuras como bloqueo que impide la diseminación del hongo por toda la planta o como mecanismo de disparo de la respuesta frente al ataque; la desecación.

Las condiciones especiales del cultivo; sombra, humedad y materiales orgánicos en descomposición, favorecen el desarrollo del hongo y dificultan su control. Toda la región vainillera del Estado de Veracruz está afectada no importando el tipo de suelo. El hongo se encuentra también en Madagascar. Existen algunas observaciones sobre resistencia a la enfermedad, siendo notorias en las cruces de Vanilla planifolia y V. pompona. Falta determinar si el cruce indicado ha dado lugar a individuos que produzcan vainas de calidad. El control químico se realiza cotidianamente, aplicando 75 g de Benlate, 50 ó 250 g de Ridomil en 100 l de agua, más 40 cc de adherente aplicando la mezcla al follaje cada 30 días. (Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979; Hernández, 1981; Herrerías, 1980; y Parra, 1984).

Gloeosporium vanillae Cooke

Parasita las hojas produciendo antracnosis en Colombia, Mau-

rioso y Ceylán (Correll, 1944).

Glomerella vanillae (Zimm.) Petch.

Ataca las raíces en Madagascar (Correll, 1944).

Guignardia traversi (Cav.) Lindl. (Sin. Loestadia traversi Cav.)

Parasita las hojas en los jardines botánicos de Italia (Correll, 1944; Hernández, 1981).

Macrophoma vanillae Avena

Parasita las hojas en Brasil (Correll, 1944).

Nectria vanillae Zimm.

"Negrilla" ó "gangrena". Generalmente afecta a los tallos más viejos, los que al principio presentan un color moreno pálido, hasta volverse casi negros. Es conveniente quitar y quemar todos los tallos enfermos (Hernández, 1981).

Nectria vainillicola

"Viruela de la vainilla". Hongo cuyas fructificaciones son peritecas aisladas o agrupadas por un estroma de color rojo en general. En la reproducción las ascas llevan paráfisos compuestos y las ascoosporas son ovales, hialinas y bicelulares. Las peritecas son globulosas y provistas de un ostiolo apical, y su consistencia es carnosa. Se presenta en manchas de color café oscuro, amorfas, de aproximadamente 5 mm, deprimidas y en cualquier parte de la hoja (Herrerías, 1980).

Pestalozzia (= Pestalotia) vanillae Averna

Parasita las hojas en Brasil (Correll, 1944).

Phytophthora parasitica Dast.

Ocasiona en Madagascar la pudrición del fruto (Correll, 1944).

Physalospora vanillae Zimm.

Parasita las hojas en Java (Correll, 1944).

Puccinia cinnamomea Zimm.

"Herrumbre de la vainilla". se presenta en forma de manchas verde-amarillentas en el limbo, y amarillo obscuro o rojizo en el envés de las hojas. De ahí parten las fructificaciones. Se identifica al microscopio. En los ataques severos las manchas forman semicírculos de con torno amarillento (Cipagauta y Sánchez, 1979; Herrerías, 1980).

Uredo scabies Cooke

Parasita las hojas en Colombia (Correll, 1944).

Uromyces joffrini Delacr.

Roya, Chahuixtle o Herrumbre. Ataca a las hojas y frutos presentándose en forma de manchas amarillas (Podría ser la misma Puccinea sp. mencionada previamente) (Hernández, 1981).

Vermicularia vanillae Delacr.

Parasita las hojas de la vainilla en Mauricio (Correll, 1944).

CAPÍTULO QUINTO

FLORACIÓN Y POLINIZACIÓN

FLORACIÓN Y POLINIZACIÓN

¿Qué es lo más difícil de todo?
Lo que te parece más fácil,
ver con tus ojos lo que tienes
ante ti

Johann Wolfgang Von Goethe

Una vez establecida una plantación requiere atención constante. Hay que estar pendiente todos los días de la semana del desarrollo de las estacas, de su fijación a los tutores para la carga que reciban, así como para evitar la presencia de plagas y enfermedades oportunistas. Se requiere cubrir con paja o abono especialmente preparado la superficie del suelo, particularmente sobre las raíces de la planta. No es factible pisotear el suelo, porque las raíces se desarrollan cerca o en su superficie y cualquier disturbio en esta zona, repercute inmediatamente en daños a las raíces de la planta (Correll, 1944).

Mientras la planta se está desarrollando, no florea, por consiguiente, la punta del tallo es cortada alrededor de nueve o diez meses antes de la estación de floración, siempre y cuando tenga un tamaño razonable (Correll, 1944).

Generalmente, la primera floración abundante de la vainilla se presenta tres años después de haber plantado el esqueje, aunque las siembras con bejuco grande florecen antes. A partir de la primera floración, la Vanilla planifolia florea normalmente una sola vez durante el año. En México, esto depende de las condiciones climáticas, que lo pueden hacer variar ligeramente de época, la cual, si se adelanta, inicia en marzo, y normalmente, se presenta en abril y mayo, y más tarde, hasta noviembre, en algunas regiones del Mundo. En Guadalupe, la vainilla pompona, florea dos veces al año, primero en Julio y luego en noviembre y diciembre. Algunos años las plantas se mantienen tan vigorosas que pueden florear constantemente. (Correll, 1944; B.N.C.E., 1961; Miranda, 1976; Herreras, 1980; Hernández, 1981; y Parra, 1984).

Para prolongar la vida de las lianas, algunos cultivadores dividen sus plantaciones en cuatro partes iguales, y polinizan las flores de sólo una de éstas cada año. Este método produce pequeños dividendos al principio, pero permite después, mantener durante muchos años una cosecha constante, porque cada vainillar vegeta durante tres años, lo que permite el mantenimiento de las plantas en condiciones ideales de resistencia y vigor frente a plagas y enfermedades (Correll, 1944).

Todos los tallos o inflorescencias indeseables deben ser removidos antes de florear y fructificar, para que haya tiempo de reemplazarlos para el año siguiente, con un año de anticipación a la floración. Para esto se utilizan estacas nuevas, grandes y vigorosas. De acuerdo con Ridley (1912) cit. por Correll (1944) si se podan antes de cumplir tres años de periodo vegetativo, los tallos jóvenes se vuelven muy productivos, pero su vida productiva media total se acorta a sólo dos o tres años. De cualquier modo, el tallo que ha sido despuntado queda ligto para fructificar al año siguiente.

En México, después de los tres años mencionados, se recoge una primera cosecha pequeña, y en los años subsiguientes, cada cosecha aumenta en productividad alcanzándose los rendimientos más altos a los 7 u 8 años. Se dice que con cuidados adecuados las plantas continúan produciendo durante varios años más. Normalmente, en estas condiciones las lianas siguen aumentando de tamaño. Un autor cita que la vida productiva máxima de un vainillar bien atendido alcanza los 40 años de cosecha anual constante, pero esto parece inverosímil. Es usual, al menos en México, que después de nueve o diez años las plantas pierdan su valor comercial y sean abandonadas (Correll, 1944; Williams y Col. 1980).

FIGS. 1 y 12

Las inflorescencias, que en Totonaco son llamadas: zapuyobhanat, que significa maceta, son producidas en las axilas de las hojas sobre racimos largos y colgantes (espigas axilares). Durante la floración, deben asegurarse sobre el tutor, exactamente en el pedúnculo, atrás de los últimos botones florales, o en los botones florales mismos, debiéndose remover aquellas que no se desean, lo que previene las pérdid_{as} de vigor que ocasionan a las plantas las flores inútiles, además de

evitarle a los operarios tanto la polinización de demasiadas flores, como la revisión de flores superfluas (Correll, 1944; Montoya, 1963).

El número de espigas, inflorescencias o "macetas" por planta puede llegar en casos excepcionales a 200, cuando éstas son fuertes y sanas y se encuentran en su total vigor, pero el promedio general fluctúa entre 10 y 20. Cada maceta tiene de 15 a 20 flores y a veces más, colocadas en espiral. De este modo, una planta en buenas condiciones puede dar 4000 flores. A su vez, las flores son llamadas por los Totonacos: Shapatle-shanat y despiden un débil olor. Sin embargo y a pesar de lo anotado, es conveniente extremar precauciones durante la floración pues una floración copiosa suele resultar casi siempre de plantas en mal estado. Como guía del vigor de la planta se toma el tamaño de las hojas, número de éstas y lo obscuro de su color (Correll, 1944; Montoya, 1963; Wild-Altamirano, 1967; y Herrerías, 1980).

Como en todas las orquídeas, el perianto se compone de seis piezas, tres externas representando a los sépalos y las tres internas a los pétalos; cinco de estas piezas son semejantes, diferenciándose dos de ellas de los tres sépalos, en que éstos tienen una nervadura central muy pronunciada, así como en que son más pequeños. La sexta se denomina "labellum", encontrándose enrollado en forma de cucurucho, presentando un borde muy abierto en su parte exterior, con divisiones (dentado). El labelo está soldado en parte con el ginostemo o columna; en la extremidad de ella, se encuentran el estigma y el estambre. El estigma está cubierto por dos valvas, oculta la inferior por la superior, ambas superficies en contacto y recubiertas por un líquido azucarado que sirve para retener los granos de polen. La antera está situada sobre la valva superior del estigma, por lo que, para que se efectúe la polinización de la flor es necesario un estímulo extraño a ella (Montoya, 1963).

Continuamos con la descripción de Montoya (1963) El ginostemo o columna, está constituido por un estambre, representado por la antera, en donde se encuentran dos sacos polínicos denominados "polinias". El estilo está provisto de un estigma doble, piezas que juntas en parte de su longitud hacen un solo órgano, el cual está en continuidad con el

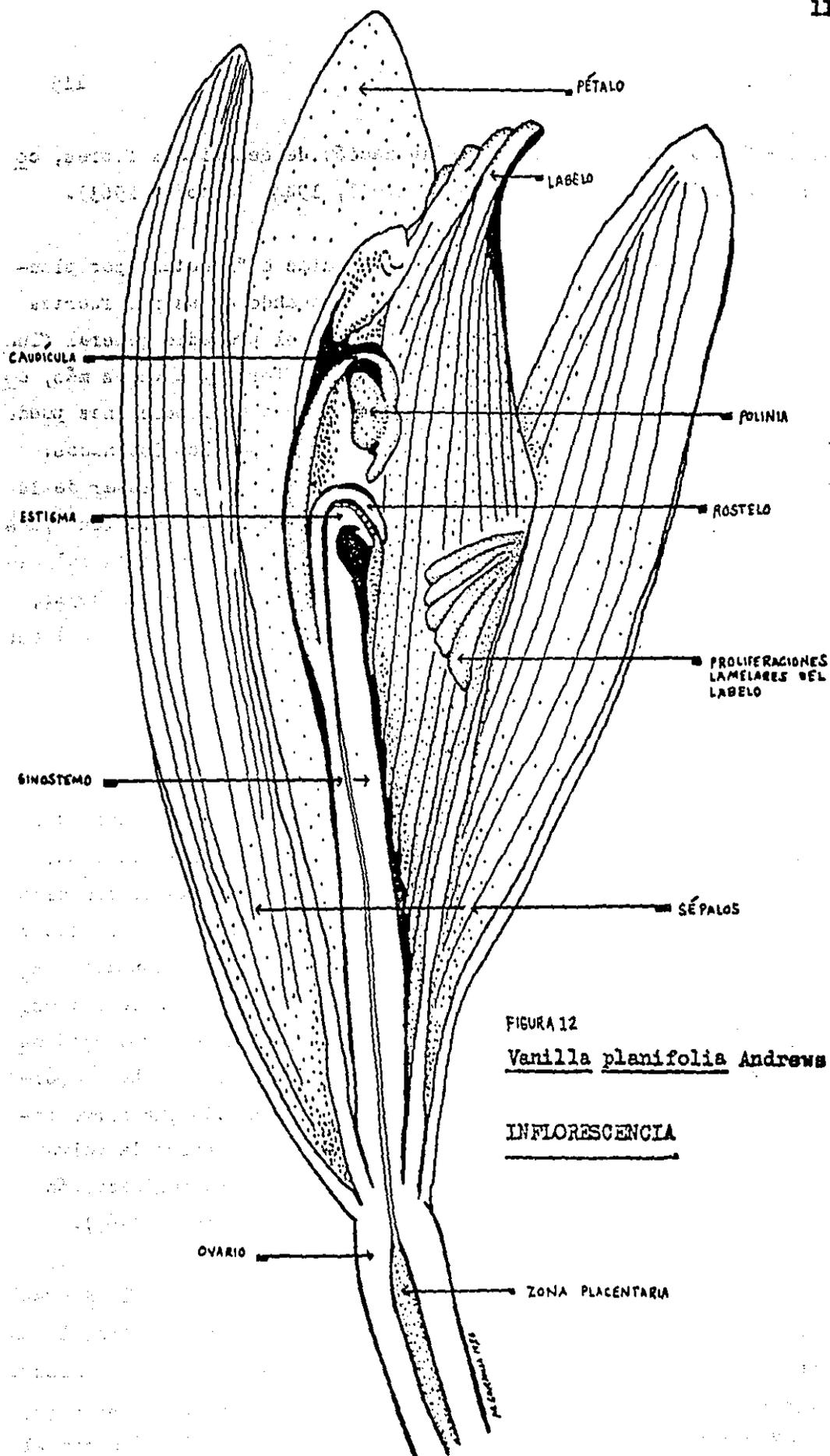


FIGURA 12

Vanilla planifolia AndrewsINFLORESCENCIA

ovario. A partir del punto a que llega la reunión de las dos partes citadas, el estigma y el estambre se distinguen claramente, pues cada uno crece en dirección opuesta; mientras el estambre se desarrolla hacia el exterior, el estigma lo hace hacia el interior, es decir que la parte estigmática del gimnostemo está situada hacia el lado interno del tubo que constituye la reunión del labelo y del gimnostemo. La cavidad del gimnostemo se continúa directamente con la cavidad del ovario. Este, prolongado, forma la unión de tres carpelos en cuya parte interior hay tres placentas parietales dispuestas longitudinalmente. Cada una de estas placentas se halla formada por dos series de ligeras protuberancias en las que se encuentran los óvulos, apenas esbozados cuando comienza a abrirse la flor.

Por más de 200 años, México, y otras regiones de Centro y Sudamérica, de donde la vainilla *planifolia* es originaria, fueron sus únicas fuentes, puesto que sólo en estas regiones era posible que se produjesen los frutos en forma natural, debido a las adaptaciones especiales de las orquídeas a la polinización por insectos. Únicamente las abejas locales de las regiones donde la planta crecía en forma natural parecían capaces o inclinadas a polinizar las flores de manera efectiva. Esta dependencia de polinizadores especiales fue la que atrasó por varios años la introducción de plantaciones en otros lugares del mundo. En 1619 se hizo un esfuerzo para establecer una plantación de vainilla en Java. El Jardín Botánico de Antwerp (Amberes, Bélgica), envió dos plantas con destino a Buitenzorg, de las cuales una sobrevivió, y en 1825 produjo flores pero no fructificó. Más tarde, para 1846 en Java, habían sido establecidas las bases para una plantación sistemática. En 1836 Charles Morren, de Lieja, estableció que la identidad de la verdadera vainilla del comercio era *V. planifolia*, y obtuvo dos grandes cosechas de vainas de vainilla polinizando artificialmente las flores a mano. Así atribuyó los fracasos de la producción de frutos en las plantas sembradas en el Hemisferio Este, a la ausencia de uno o varios insectos particulares que deberían ser responsables de la polinización de la vainilla en sus regiones de origen. Sus observaciones fueron repetidas por Newman, del Museo de Historia Natural de París en 1838 y varios años después, en 1841, un an-

tigo esclavo, Edmund Albius, descubrió en Reunión el método práctico de polinización manual artificial que se usa hasta hoy (Correll, 1944; Univ. Ver., 1984).

Como ya se ha visto, el principal obstáculo de la polinización natural de la vainilla, es el hecho de que una pequeña membrana, el rostelo, separa las partes masculina (androceo) y femenina (gineceo) de la flor, de modo tan eficiente que casi prohíbe el paso del polen, de manera que únicamente sea factible la polinización cruzada (Correll, 1944; Herrerías, 1980; Parra, 1984).

La polinización natural se verifica en las Orquídeas a través del concurso de varios organismos, algunos de ellos muy especializados. Ames (1944) cit. por Hernández (1981) ha establecido que la polinización de este tipo de plantas es efectuada por varios grupos de insectos: especies de Lepidópteros (mariposas, polillas y falenas), Himenópteros (abejas y avispas) y Dípteros (moscas), principalmente. En la vainilla de México, se ha observado la participación de una hormiga negra, cuya especie no se menciona, abejas de monte llamadas "cuajacabeza", y aves: colibríes o chupaflores, los cuales parecen ser -en conjunto-, los únicos que ocasionalmente visitan y polinizan las flores mientras obtienen a cambio el néctar secretado en la base del labio. Las flores polinizadas por insectos (polinización cruzada), producen semillas que pueden germinar y producir plántulas, mientras que aquéllas que son polinizadas a mano, producen semillas, pero éstas son estériles. Así, la presencia del rostelo, es una adaptación que justifica la perpetuación natural de la especie (Correll, 1944; Montoya, 1963; Miranda, 1976; Hernández, 1981).

Como quiera que sea, la prioridad de la polinización natural de la vainilla, la tienen las abejitas "cuajacabeza", algo más pequeñas que las comunes, clasificadas: Trigona amalthea HYMENOPTERA, Meliponidae. productoras de miel negra y cera de Campeche. Estos insectos, conocidos en los estados de Chiapas y Tabasco con el nombre anotado, son abejitas que no presentan lanceta, pues ésta, se ha convertido en un vestigio. Son de tamaño pequeño y de color negro. Anidan en cavidades naturales de las

OSI

rocas, el suelo o árboles, usando cera mezclada con tierra, y propóleos (una resina), como materiales para la construcción del panal, con una sola reina. Tanto las hembras como los machos secretan cera, fluyendo ésta hacia afuera por el lado dorsal del abdomen. Las celdas de cría son mantenidas aparte de las usadas para almacenar alimento, y se abren hacia arriba. Las larvas se colocan en celdas provistas de alimento suficiente para que se desarrollen, y posteriormente son selladas. También habitan en parte, o en la totalidad de los nidos de termitas abandonados. Se les reporta como plagas menores del plátano y del cacao, tanto en México, como en la India y otras partes del mundo. Aduciéndose que producen daños a las mazorcas del cacao, cuando al buscar el látex que ellas contienen, lesionan la corteza del fruto produciéndole escoriaciones o manchas oscuras que recorren las aristas de las mazorcas. Los plataneros combaten estas abejas, porque manchan el producto y provocan la caída de los frutos tiernos. Los cacaoteros no la combaten, y es en los cacaotales que tienen vainilla entremezclada, donde se las ha observado polinizar, alcanzando en la vainilla, una eficiencia reducida que va del 1 al 5% (Montoya, 1963; Herrerías, 1980).⁺

⁺ Así como es posible amaestrar a las abejas italianas para que colecten polen y néctar únicamente de un tipo especial de flores, acostumbrándolas poco tiempo antes del momento en que esto se quiere, a un jarabe aromatizado con la esencia del tipo de flores que se desea que polinizen (lo que además tiene una enorme importancia agrícola para aquellos cultivos que requieren una fuerte polinización cruzada), es probable que se logre entrenar a los meliponinos específicos de la vainilla, para que el agricultor pueda evitar los altos costos de la polinización manual. Claro que después habría que eliminar las flores polinizadas que resultaran inadecuadas o excesivas para la producción o la vitalidad de los bécucos. Ya existen colmenas de madera, especiales para meliponinos y también, aunque de modo imperfecto, se conocen sus hábitos. Naturalmente, la aplicación de meliponinos entrenados sería tanto más fácil, conforme más tiempo durase la floración del vainillal, pues con unas cuantas colmenas se tendría la densidad de abejas indígenas adecuada (que no se conoce, por cierto), pues si por lo contrario, la floración resulta puntual, como en el caso de México, o sea que abren de golpe miles de flores, y por muy poco tiempo, se requiere entonces, de una población de abejas enorme para que la polinización deseada sea realmente efectiva, y así, la alimentación de las abejas el resto del año se dificulta pudiendo ser problemática si, como plaga menor que son, invaden cultivos vecinos sensibles. Está aún por investigarse la factibilidad de entrenar a estos meliponinos para dicha finalidad. Si ello fuese posible, se obtendría también una miel oscura de vainilla con propiedades alimenticias muy superiores a las de la miel clara de abejas italianas, con mejor

Aunque la vainilla produce buenos frutos en estado silvestre, porque determinados insectos se encargan de fecundarla, por ser escasos los ejemplares de la planta, no puede esperarse que pase lo mismo en las grandes plantaciones, donde nunca habrá suficientes prónubos que en un momento dado verifiquen la operación, frente a la magnitud de la floración que suele presentarse. Por este motivo, los interesados apelan a la polinización artificial (Conzatti, 1981).

Es obvio que la presencia de los organismos polinizadores es casual en los vainillales, y que a pesar de presentar las adaptaciones especiales que les permiten realizar su labor (fuerza para levantar el rostro), no dependen de la vainilla en un sentido estricto para sobrevivir. No son específicos de ésta y por otro lado, no pueden concentrarse en una plantación tan rápido como el boom de la floración que se presenta lo requiere. No se han realizado estudios de la densidad de polinizadores que serían necesarios en el momento de la floración.

Es posible que el primer impulso de un cultivador fuese aprovechar a la abeja cuajacabeza como polinizador inducido en los vainillales, sobre todo en las zonas donde no existe mano de obra entrenada para su cultivo. Sin embargo, cabe señalar que la polinización así efectuada además de poco eficiente es muy irregular. Se da el caso de que en una maceta existan más de 10 frutos mal desarrollados y en la siguiente maceta, de la misma planta, no haya sido polinizada una sola flor, por lo que se encuentra sin frutos y provocando desgaste fisiológico a la planta. Sin embargo, de algún modo, la presencia de las abejitas implicaría ya racionalizada el más fuerte ahorro dentro de los costos de la plantación (Herrerías, 1980). No se sabe hasta la fecha si es posible incrementar significativamente el rendimiento de la polinización natural de la vainilla por abejas hasta hacerla rentable para una plantación comercial.

sabor y aroma que la de aquellas y además, muy posiblemente con aplicaciones terapéuticas en función de las propiedades medicinales reconocidas para la planta. Al respecto véase, IORISH, N.(1985); WILSON, (1979).

Como el Boom de la floración requiere de una densidad de polinizadores naturales bastante elevada, podría ser factible realizar lo siguiente: colocar colmenas de meliponinos en el centro de la plantación, y al mismo tiempo, sembrar árboles tutores o de sombra convencionales, que sean además melíferos, y que cumplan con la condición de florear de manera abundante, durante todo el año, para el mantenimiento de la vida de las abejas, pero no, cuando lo esté haciendo la vainilla, para que así las abejas se transfieran al vainillal de modo natural, además de ser entrenadas para ello, en la densidad adecuada y en el momento oportuno. El beneficio es obvio: miel, cera, y ahorro en los costos. Como única desventaja, señalaremos que las mieles oscuras no tienen todavía una adecuada aceptación en el ámbito comercial.

La polinización manual o artificial, es un procedimiento delicado pero no difícil y puede ser aprendida rápidamente por el más inexperto de los trabajadores. A menudo, este trabajo es realizado por mujeres y niños que son rápidos con las manos. El método, tal y como lo descubrió Edmund Albius consiste en detener la flor con los dedos índice y medio de la mano izquierda, colocando el índice detrás del ginostemo para que sirva de apoyo, mientras el pulgar levanta y mueve el ápice del estambre aproximándolo a la antera. Con una astilla de bambú, un popotillo de pasto rígido, o una delgada astilla de madera del tamaño y forma de un palillo de dientes, afilado cualquiera de ellos en ambos extremos, y usando la mano derecha, se levanta el labelo o labio, para dejar expuestos ambos órganos reproductores. Posteriormente se introduce el extremo del instrumento debajo del rostelo para levantarlo y darle una posición recta; la antera, que se ha levantado junto con el rostelo, tiende a recobrar su posición normal inclinándose hacia el estigma y con el dedo pulgar, se ayuda a que se toquen los dos órganos; antera y estigma, para que las polinias queden adheridas al estigma. La operación también puede realizarse removiendo las polinias con la punta del estilete, al cual se adhieren, y se depositan en la foseta del estigma de la misma flor, o de otra cercana, foseta que, por estar revestida de una exudación viscosa, las retiene con facilidad (Correll, 1944; Martínez, 1959; Herrerías, 1980; Conzatti, 1981; Hernández, 1981; Parra, 1984).

Hay algunas variantes en la forma de fecundar la flor, pero cualquiera de ellas bien practicada logra los resultados esperados. Como quiera que sea, en ningún caso deberá fecundarse la planta antes de tres años de haberla establecido (Herrerías, 1980; Hernández, 1981).

Se piensa que algunas familias de extracción francesa que vivieron en Nautla, Veracruz, introdujeron a México la polinización manual alrededor de 1890 o 1895 (Mallory 1942, cit. por Correll, 1944).

El descubrimiento del método de polinización artificial de la vainilla, combinado con la posibilidad de propagarla por estacas, abrió el camino al establecimiento de grandes plantaciones en los trópicos del mundo, donde, fuera de los trópicos americanos, no existen insectos polinizadores y por lo tanto, toda la polinización tiene que hacerse de manera manual (Correll, 1944; Miranda, 1976).

Un trabajador promedio, puede polinizar 1000 flores en un día, personas expertas logran hacerlo con 2000 y raras veces, se logra un récord personal de 3000 flores. No existen recuentos del número de flores que actualmente pueden ser polinizadas en las grandes plantaciones en una sola estación, pero si se sabe que en un solo vainillal se puede llegar a los 2 millones de flores (Correll, 1944; Douglas, 1981 cit. por Hernández, 1981).

La vida media de la flor es de sólo 24 horas, lo que hace que el factor más importante dentro de una plantación sea la administración de los tiempos de labor y la contratación de personal previa al momento adecuado. La polinización manual debe realizarse a medida que las flores van abriendo, casi siempre una tras otra, alrededor de 3 diarias o más por racimo, siendo raro encontrar dos que se puedan fecundar al mismo tiempo en una sola maceta. Normalmente abren de noche permaneciendo abiertas entre las 5 y las 11 de la mañana, y por la tarde, cuando ya no hay sol, lo que exige que la operación se realice con rapidez y oportunidad. Por la mañana siguiente, aquellas que abrieron el día preceden-

te se han marchitado. En el pedúnculo floral pueden abrirse sucesivamente hasta 20 flores durante el periodo de floración, por lo que es necesario emplear a varias personas, que recorran constantemente la plantación mientras van polinizando. Únicamente durante abiertas de 4 a 6 horas (Correll, 1944; Martínez, 1959; Cipagauta y Sánchez, 1979; Herrerías, 1980; Hernández, 1981; y Parra, 1984).

Se considera que el tiempo más apropiado para polinizar las flores de la vainilla es aquél en que se tiene un día brillante después de la lluvia y que un día seco, o un periodo de extrema sequía, no son propicios para la polinización. Como quiera que sea, no hay elección, y las flores deben ser polinizadas del día en que abren. La vainilla cultivada produce más flores que los frutos que puede mantener, por lo que se deben eliminar los botones florales restantes de las inflorescencias donde no se polinizó para obtener vainas de calidad (Correll, 1944; Parra, 1984).

Para asegurar el rendimiento máximo de vainas, la plantación debe ser revisada constantemente. En México, los miles de flores que abren deben ser polinizados en un periodo de aproximadamente 20 días, en los meses de marzo a mayo. Aunque se dan casos de vainillales que florecen completos en un tiempo aún menor.

En razón de la búsqueda de una calidad máxima, solo aquellas flores que están situadas en el lado más bajo del pedúnculo floral o maceca, deben ser polinizadas, porque son las que cuelgan perpendicularmente en dirección al suelo y forman vainas perfectamente rectas. En cambio, aquellas que están localizadas en la parte superior, no deben polinizarse, porque producirían vainas torcidas de calidad inferior y reducido valor comercial, además de que son difíciles de empaquetar y no tienen una apariencia atractiva. (Correll, 1944; B.N.C.E., 1961).

El número de flores que se poliniza, así como el número de frutos que se deja madurar, cambia en cada región de acuerdo con el criterio y la experiencia que tiene cada cultivador. De una u otra forma, depende siempre del vigor, la edad, y la resistencia de la planta. Por lo general, se recurre con moderación a la polinización manual, ya que

si esta resulta excesiva, la calidad y tamaño de los frutos obtenidos se vienen abajo en perjuicio de su costo comercial, y también, en detrimento del nivel productivo de la planta en años subsecuentes. Si la polinización artificial es abusiva, se puede perder totalmente la plantación (Martínez, 1959; Miranda, 1976; Cipagauta y Sánchez, 1979; Herreras, 1980).

La "Primera Convención Nacional de Vainilleros" celebrada en México, en 1945, estaba consciente del problema y establecía que dado que la polinización artificial excesiva ocasiona una degeneración paulatina del fruto y aún de la misma planta, era necesario limitar la polinización de las flores a un 50 % aproximadamente, eliminando posteriormente las vainas mal desarrolladas y las que excediesen el número que debía tener cada racimo o maceta. Ridley (1912) cit. por Correll (1944) recomienda que en algunos casos debe permitirse la explotación de 10 frutos por racimo, con la planta en perfectas condiciones, pero en el caso de las plantas muy jóvenes, o muy viejas, o debilitadas, sólo debe permitirse que desarrollen dos, o si acaso tres. Si se permite que desarrollen 10 frutos en cada uno de los 200 racimos de una planta en su total vigor, ésta puede producir por si sola hasta 2000 frutos excelentes. Esto parece increíble en vista del hecho de que un autor reciente nos dice que una planta cultivada promedio puede producir sólo hasta 60 frutos, de los cuales 25 son perfectos, mientras que las vainillas salvajes sólo producen 3 vainas por ejemplar, por término medio (Matschat, 1934, cit. por Correll, 1944; Parra, 1984). De todas formas sólo la experiencia dá los valores adecuados.

En las Islas Seycheles es usual alcanzar rendimientos de 30 vainas por planta. Ridley, ha establecido que V. planifolia alcanza a producir un poco menos de frutos que V. pompona. (Correll, 1944).

Se están ensayando nuevos métodos de cultivo con los que se espera superar ampliamente los rendimientos anotados, uno de los cuales consiste en utilizar el ápice de una vainilla ya desarrollada, como en el acodado simple y el acodado en trinchera, que utilizan a las plantas sin cortar cada vez que tienen la longitud necesaria, a lo largo de uno

o varios setos, originados a partir de la planta madre inicial, pero sin impedir la fructificación de todas las plantas de vainilla que van quedando atrás, lo que a fin de cuentas produce setos monoclonales muy útiles para una explotación continua pues sus edades resultan ordenadas y escalonadas. A ello se añade también riego artificial con mezclas adecuadas de fertilizantes solubles.

Si el polen de una flor se pasa a otra, se obtienen mejores resultados (polinización cruzada), pues los frutos resultantes tienen más aroma, y son más finos y más grandes (vigor híbrido). El único inconveniente es que es más tardado y algunas polinias pueden caer y perderse, además son muy delicadas. Sin embargo, en la medida de las posibilidades del cultivador, una parte del vainillal debe manejarse de este modo, para obtener una cosecha especial y selecta.

En el momento en que la polinización principia, los óvulos de las tres series dobles de placentas, aparecen sencillamente representados por sus funículos, la cavidad del ovario tórnase única y la superficie interna que media entre las placentas no ofrece huella alguna de papi-las. En la fecundación de la flor, los granos de polen depositados en el estigma doble, entran en germinación, es decir, que emiten cada uno, un tubo polínico finísimo que al crecer se dirige hacia la cavidad del ovario, siguiendo el canal central del ginostemo. Numerosos granos de polen entran simultáneamente en germinación, de donde resulta que un verdadero paquete de tubos polínicos penetra en el gimnostemo para dirigirse hacia la cavidad del ovario. Ocho días después de la polinización, los óvulos se encuentran aún en los comienzos de su formación y claramente se ve la extremidad de sus funículos, que se hinchan y encorvan. Junto a las tres líneas de placentas, recostados en la pared del ovario, se encuentran los tubos polínicos, que se hallan en la cavidad del ovario y no bajo la epidermis interior de éste, al continuar creciendo, siguen las paredes de dicha cavidad y su extremo va hacia la abertura (micrópilo) de un óvulo para penetrar en él. En las secciones transversales del ovario, se nota que algunos de los tubos polínicos se dirigen hacia los óvulos que empiezan a formarse, de manera que es posible suponer que la llegada de dichos tubos polínicos al micrópilo de cada óvulo coincide exactamente con el de-

desarrollo de los óvulos que tocan. Entre placenta y placenta, la epidermis interior del ovario se halla formada por pequeñas células, no presentando papilas. El ovario llega a su longitud máxima después de 40 días de verificada la fecundación y creciendo tanto como 2.5 cm semanales. Después de estos 40 días, todavía no están bien formados los óvulos, que mirados de frente parecen ovales, aunque en realidad son planos del lado del funículo; las papilas no se han desarrollado en el espacio que media entre las placentas, pero las células epidérmicas ya forman ligeras salientes. Setenta días después de la polinización, los granos o semillitas aparecen. En los intervalos entre placenta y placenta, se notan papilas muy juntas y visibles. Estas no se desarrollan sino cuando ha concluido la fecundación, es decir, mucho tiempo después de que los tubos polínicos llegaron a los óvulos. Dependiendo de la región donde la planta se desarrolla, y de las condiciones ambientales a que se encuentra sujeta, la maduración total de los frutos se alcanza entre 3 y 10 meses. De acuerdo con Ridley (1912) el fruto madura en el alrededor de 4 meses en las islas del pacífico, sur y sudeste asiático, seis meses en Reunión, y nueve meses en Trinidad. En México, se cosecha usualmente desde principios de noviembre, hasta finales de febrero por lo que la maduración lleva de 7 a 11 meses (Correll, 1944; Montoya, 1963).

Si la polinización ha sido un éxito y entra en desarrollo el proceso de fecundación que acabamos de describir, la flor se marchita poco a poco, se conserva sobre el ovario y este empieza a crecer. Si no, las flores caen en dos o tres días y sirven como indicador del trabajo realizado. Consecuentemente, el trabajador puede observar en un periodo de pocos días el número de frutos esperable y puede detener la polinización cuando este número se ajuste al que se espera de cada enredadera. Aún más, puede eliminar flores polinizadas en posición desfavorable para un desarrollo perfecto, y polinizar todavía otras flores que cumplan con los requisitos buscados. El ovario no fecundado, que queda como un residuo de las flores caídas, se torna amarillo y posteriormente se desprende del pedúnculo. En los ovarios fecundados, se nota un mes después, la aparición de una pequeña vaina verde. Cumplido el plazo de maduración, los frutos pasan al color amarillo verdoso y después al amarillo, y presentan al ser apretados entre los dedos un leve crujido, lo que indica que están listos

para ser cosechados (Véase FRUCTIFICACION Y COSECHA). Si el tiempo pasa, se abren por el ápice, por lo que la cosecha debe ser también oportuna. En México, algunos cultivadores cosechan sus vainas prematuramente, desde principios de Octubre. Por una parte, debido a la siempre presente demanda de vainas, y por otra, para evitar el robo de los cultivos (que muchos años fué una práctica común). Esta cosecha prematura ocasiona pérdidas de alrededor de 250 grs. por cada mil vainas, o si se quiere, de hasta el 20 % del total de vainilla beneficiada esperable. Esta situación económicamente perjudicial se incrementó mucho, a pesar de los esfuerzos del gobierno de México para frenarla, aunque actualmente casi ha desaparecido, junto con la mayor parte de los vainillales que no pueden asegurarse una adecuada protección, y que eran la mayoría (Cunningham, 1920, Mallory, 1942, cit. por Correll, 1944; Miranda, 1976; Wild-Altamirano, 1967; Williams y Col. 1980; Hernández, 1981; Conzatti, 1981; y Parra, 1984).

Como hemos visto, la polinización artificial requiere atención rápida y constante y un considerable número de operarios entrenados, entre otros muchos detalles. Por lo mismo, su costo es muy elevado, casi siempre el más elevado dentro de todas las labores agrícolas que requiere el vainillal. Observando el problema desde el punto de vista económico, resultaba razonable provocar la fructificación de las vainas por medios químicos que aplicados en forma de nebulización o spray, redujesen el costo de dicha labor. Así, Childers y Col. (1959) cit. por Hernández (1981) comentan que con esta intención se han utilizado varias sustancias químicas u hormonas vegetales inductoras del crecimiento partenocárpico del fruto, aplicadas a la flor, pero hasta hoy, no se ha logrado el resultado que se busca. Gregory y Col. (1967) probaron el 2.4.D. (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), el NAA (ácido naftalenoacético), el Gibrel (sal potásica del ácido gibberélico), el Dicamba (ácido 2-metoxi-3,6-diclorobenzoico), el IAA (ácido indolacético), y el IBA (Acido indolbutírico), aplicándolos en formas, concentraciones y combinaciones diversas, encontrando que es factible provocar el desarrollo de frutos similares a aquellos que se obtienen por polinización manual. Otros autores, como Williams y Col. (1980) coincidieron con ellos en que las mejores hormonas vegetales para tal fin, eran el 2.4-D. el Dicamba, y una mezcla de IAA-IBA. Con estas sustancias, se

ha logrado la fructificación de cerca de un 75 % de las vainas usuales, sin semilla, pero la calidad y el tamaño obtenidos resultaron siempre inferiores al de las vainas polinizadas en forma manual, utilizadas de manera cuantitativa como estándares para comparación. Childers y Col. (1959) indican además que las vainas obtenidas tienen color paja y son quebradizas careciendo de aroma. Por su parte, Gregory y Col. (1967) señalan que obtuvieron vainillina en casi todas las muestras obtenidas con las sustancias mencionadas, pero la detectaron por cromatografía y no señalan en que cantidad (obviamente en trazas). Las otras sustancias probadas requieren por su parte, concentraciones elevadas para alcanzar de todos modos, resultados similares. No se menciona un estudio comparativo de costos entre desarrollo partenocárpico y desarrollo por polinización.

Es muy probable que el tiempo de apertura de las flores sea muy variable oscilando dentro de los periodos anotados. No hay estudios de alguna forma de lograr que abran por más tiempo. La apertura se debe a los factores fisiológicos intrínsecos de la planta de vainilla y de su especie o variedad en el momento exacto de la floración, como por ejemplo sus reservas de agua y carbohidratos, etc., y también, como se ha señalado ya, en función del estado de iluminación, temperatura y humedad atmosféricas y otros factores ambientales del mismo periodo. Así, es probable que con humedad elevada, iluminación óptima y vigor de la planta, la flor abra por un periodo máximo aún no determinado, y tanto de día, como de noche, aún cuando se reduzca la iluminación. Por el contrario, las plantas débiles y muy expuestas al sol o al aire seco (deshidratación), abrirán solamente sus flores por un periodo corto, también sin determinar. Todas las observaciones fisiológicas y ambientales que sobre la vainilla se han divulgado hasta hoy, y que hemos intentado recopilar en esta tesis, parecen indicar claramente, que la mejor vainilla, la mexicana, se obtiene gracias a una ventajosa combinación de factores ecológicos favorables que únicamente se presenta completa, y no siempre, en la región vainillera del Norte del Estado de Veracruz y regiones circunvecinas. Y a veces, se presenta parcialmente en otros trópicos del mundo, con lo que permite la existencia de plantaciones donde las presiones ecológicas de los factores no óptimos para la presencia de la planta, favorezcan, al ejercer sobre ésta una intensa presión selectiva, una fructificación excepcional

en cantidad, como es el caso de Madagascar, pero muy raras veces, en calidad. Así, las condiciones de hidratación de flor y planta, y la iluminación son las ideales en México, y por ello, el número de tubos polínicos que logra atravesar el conducto del estigma es el máximo, y por lo tanto, también es máximo el número de semillas fecundadas. Esto lleva al desarrollo total de los tejidos placentales (papilas), y por lo tanto, también al desarrollo máximo de las partes del fruto que producen el aroma. Como hemos visto, los frutos partenocárpicamente desarrollados, no tienen prácticamente vainillina alguna, por lo que es lógico suponer que mientras más semillas se obtengan, más vainillina se obtendrá, por otro lado, sabemos que si esto incrementa la calidad, esta se hace aún mejor, si la polinización es cruzada. Añádase a esto otro hecho probable, y es que mientras más tiempo tardan en crecer y madurar los frutos, en condiciones ideales, más se desarrollarán los tejidos que conducen a la formación del aroma, y más tiempo actuarán también, los sistemas enzimáticos que lo desarrollan.

Una observación más detallada del ciclo de vida de la planta, durante la formación del fruto, asociada a las condiciones del clima y del suelo, de una determinada región, debe hacer posible entonces que se comprenda porqué es México, el país que tiene el privilegio de las condiciones ideales para la calidad, y además, porqué Madagascar, produce en gran cantidad.

CAPÍTULO SEXTO

FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA

FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA

Los que mucho codician se muestran tan ansiosos por adquirir, que por lo que no tienen disipan y pierden lo seguro que poseen; y así, por aguardar lo más, alcanzan, al fin, lo menos. O si ganan algo, el fruto del esfuerzo es tan insignificante y tan lleno de inquietudes, que se ven en bancarrota por la pobre riqueza de su ganancia.

William Shakespeare

Los frutos son cápsulas carnosas, ligeramente triangulares, casi cilíndricos cuando están verdes y deprimidos cuando han sido beneficiados, de 15 a 20 cm -y a veces hasta 28 cm de longitud (Vanilla planifolia Andr. var. gigantea Hoehne), aunque según las condiciones en que se desarrollan, puedan presentarse ejemplares de todos tamaños, por 8 a 15 mm de grosor. Presentan tres costados o caras superficiales, cóncavos, y de forma cilíndrica, apenas perceptibles. Su corte transversal tiene una cavidad interna de contorno irregular que muestra en sus bordes tres placentas, cada una de éstas subdividida en dos lóculos en los que están insertas las semillas, pequeñas como la cabeza de un alfiler, o menos, de alrededor de 0.4 mm de diámetro, muy numerosas y dando el aspecto de limadura de hierro oxidada casi negra (éstas han sido descritas en el capítulo de Agricultura, véase). El espacio comprendido entre cada dos placentas tiene gran número de papilas que segregan una sustancia parda y granulenta que cubre a las semillas, formando con éstas una especie de pulpa que comunica al fruto su olor y sabor agradables por la vainillina, glucovainillina, piperonal y ácido vanílico que contiene y que son sus principales productos aromáticos, además, cera, grasa, tanino, gomas, azúcares y sustancias del grupo de los polifenoles, algunas de las cuales son desconocidas todavía por su baja proporción en el contenido. Entre estas últimas, está el piperonal, sustancia con aroma de heliotropo, que comunica al fruto un cierto estado de resistencia química natural, por su propiedad de matar a los áfidos y a algunos otros insectos chupadores de savia (pediculicida). Por efecto de la desecación, los frutos se ven finamente rugosos y estriados en sentido longitudinal, siendo siempre algo más gruesos en su parte media que en sus extremos, sobre todo, en el que corresponde a la unión con el pedúnculo.

Cuando maduran, lo que ocurre a los 4 a 9 meses después de la polinización de las flores, tienden a abrirse (dehiscencia) y la pulpa, de suave aroma, agradable y balsámico, tiene un sabor acre picante. Si el fruto llega a abrirse, ésta escurre fuera lentamente. (Mod. de Montoya, 1963; Wild-Altamirano, 1967; Herrerías, 1980; y Parra, 1984).

Como hemos anotado en el capítulo anterior, el crecimiento del fruto se ha verificado básicamente durante los primeros 40 días. Al alcanzar su longitud máxima, lo que depende muchísimo de las condiciones del cultivo en la localidad, cambia de su color original verde brillante, a un verde amarillento paulatinamente, lo que se inicia en su parte inferior, o sea aquella opuesta a donde está prendido de la inflorescencia. El grado "ideal" de madurez se conoce porque bajo la presión de los dedos, produce un "cierto crujido"; además, las vainas están algo abultadas y encorvadas y tienden a abrirse (Martínez, 1959; Herrerías, 1980; Williams y Col., 1980; y Parra, 1984).

Antes de efectuarse la cosecha propiamente dicha y aun durante ésta si se requiere, se lleva a cabo la recolección de los frutos que están pintos, rajados o enfermos. Estas vainas maduran antes de tiempo debido a que han sido atacadas por alguna plaga manchándose de color café en su extremo, en cuyo caso se dice que están "pintas", o se han debilitado abriendo longitudinalmente; "rajadas". Ambas son objeto de un beneficio más rápido y menos complicado que el normal, obteniéndose después de beneficiadas un producto denominado "picadura" que reduce algo la pérdida económica que representan (B.N.C.E., 1961).

Ridley (1912) cit. por Correll (1944) da un relato excelente de la maduración natural de los frutos de la vainilla;

"...Si se dejan sobre la planta, las vainas comienzan a marchitarse cambiando al amarillo a partir de su punta inferior, exhalando un olor a almendras amargas. La vaina comienza a hendirse en dos valvas desiguales y es producido en pequeña cantidad un aceite balsámico obscuro, de color café o rojo. Gradualmente, la vaina se oscurece de color, pasando del café al negro. La epidermis se suaviza y se desarrolla el verdadero olor a vainilla. El aceite, que es llamado "bálsamo de vainilla", aumenta entonces en cantidad. Este bálsamo es colectado cuidadosamente por los cultivadores del Perú y de otras partes de América del Sur, pero no

es enviado a Europa. Las vainas maduran lentamente avanzando hacia arriba el amarillamiento originado en la punta, llevándoles alderredor de un mes completar la maduración. Eventualmente, si se les deja, se secan quedando negras, quebradizas y sin aroma..."

El trabajo del beneficio para la comercialización, consiste en provocar este proceso, pero procurando que la epidermis del fruto, ya separado de la planta madre, se mantenga tersa y suave para que no se produzca la dehiscencia y se forme el máximo posible de bálsamo en su interior, una vez logrado lo cual, debe deshidratarse poco a poco para que conserve los productos aromáticos volátiles que contiene. En la zona Norte del Estado de Veracruz, se realiza esto con tanta paciencia y sabiduría artesanal, que las vainas adquieren una flexibilidad final tal, que es posible tejerlas en forma de alacranes, flores, cálices, cristos, copas, arañas, etc. muy apreciados para aromatizar las prendas de vestir, o como exóticas curiosidades de ornato y de lujo.

Cornailao (1902) indica que existe un límite altitudinal para que sea posible la fructificación de la planta de vainilla y lo fija en el intervalo entre 300 y 400 m.s.n.m. Los valores exactos de estas observaciones no han sido determinados. Ya hemos anotado antes otros para México, que así considerado, es una excepción. Tan solo las altitudes de las localidades vainilleras mencionadas por Humboldt (1978) son muy superiores a éstos valores.

Cuando las vainas han madurado y están listas para ser cosechadas son firmes, gruesas, verde-amarillentas en color y casi no tienen aroma. Un indicador de la maduración es un amarillamiento escaso de toda la vaina, particularmente pronunciado en el extremo distal. Los frutos deben recogerse cuando están completamente desarrollados y maduros, pero antes de que maduren demasiado. Si se recogen demasiado pronto, por descuido, robo, o en prevención de robo, el producto beneficiado desmerece mucho en calidad y peso, resulta deficiente en aroma y está mucho más expuesto al ataque de los hongos; si no se recolecta a tiempo, se vuelve quebradizo y se abren sus valvas alcanzándose el estado de dehiscencia natural sobre la guía, y así hendidas, son consideradas inferiores a las enteras, por lo que se reduce su precio. En algunos lugares, el indica-

dor de la maduración cambia; en lugar del amarillamiento del extremo distal, este se oscurece y endurece quedando casi negro (Mc. Clelland, 1919, cit. por Correll, 1944; Rengade, 1887; B.N.C.E., 1961; Bianchini y Col., 1975).

Se recomienda no cosechar cuando esté lloviendo o cuando las vainas estén mojadas (Herrerías, 1980).

La labor de la cosecha propiamente dicha consiste en remover las vainas de las guías, fácilmente y de modo manual, sin instrumentos, dado lo quebradizo del pedúnculo que une el fruto al bejuco. La remoción se hace presionando oblicuamente con el pulgar colocado en la base de la vaina, evitando torcer las vainas —que aunque toleran cierta flexión— pueden romperse o abrirse, o debilitarse y hacerlo durante el beneficio. Si se desprende una porción del bejuco al mismo tiempo, adhiriéndose al fruto, debe ser removida después, sin maltratar la vaina en su base. En muchas plantaciones en lugar de arrancar los frutos, los cortan con un cuchillo de sierra. Después de cada día de cosecha, los frutos que han sido guardados en costales o arpillas, son seleccionados —aunque se haga de manera imperfecta—, dividiéndolos en cuatro clases por conveniencia: largos, medios, cortos, y hendidos rajados o pintos, aunque los criterios de selección pueden cambiar en cada país (Mod. de Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979).

Las vainas largas son más deseables que las cortas, puesto que producen un extracto superior y además, una vaina de 20 cm pesa más que dos de 15 cm o que tres de 12.5 cm y se cotiza a más alto precio en el mercado, lo que resulta lógico porque contiene más pulpa por unidad de volumen y mucho menos cáscara (Mod. de Mc. Clelland, cit. por Correll, 1944).

Como el periodo de fecundación de las flores puede durar de dos a tres meses, consecuentemente el periodo de cosecha resulta ser igual, ya que lógicamente, las flores fecundadas al último, darán frutos que madurarán más tarde. Esto no es aplicable a la zona vainillera de México en la actualidad, que por las cualidades de su clima, presenta u-

na floración mucho más puntual, a veces de un sólo día, lo que es una desventaja porque en este caso, el esfuerzo de la planta por fructificar es mucho más debilitante y por lo tanto, la producción esperable, bastante menor en comparación con la que se obtiene en las regiones insulares, cuyo clima es más estable. Los frutos se van seleccionando desprendiéndolos con cuidado a medida que van madurando. Se les coloca en costales y se les transporta al lugar donde se han de beneficiar (Martínez, 1959; B.N.C.E., 1961; Herrerías, 1980; y Sra. Vallin de Cardeña, 1986, com. pers.).

A los tres, a más tardar cuatro años de sembradas las plantas, se obtiene ya cosecha aún cuando en muy pequeña escala, alcanzándose la máxima producción entre el cuarto y sexto años a partir de la plantación o segundo a cuarto años de producción, decreciendo posteriormente, hasta el noveno o décimo en que se abandona el vainillal por resultar antieconómica su explotación. Esto ocurre en las plantaciones tradicionales donde sólo se siembra una vez, al parecer porque con la edad de las plantas, la capacidad de transporte de savia de las lianas se vá haciendo deficiente, especialmente si durante su ciclo vital padecen sequías, falta de nutrientes y bajas temperaturas (Mod. de B.N.C.E., 1961).

El período de vida de la planta capacitada para producir comercialmente es de siete años en el método tradicional y se inicia según haya sido el tamaño de los esquejes usados en la plantación inicial. A continuación, se presenta la distribución de la producción de vainilla "tipo" tradicional en su periodo comercial (Cipagauta y Sánchez, 1979):

AÑO DE PLANTACIÓN	AÑO DE PRODUCCIÓN	No. DE VAINAS/Ha.	% RELATIVO
tercero	primero	400	0.50
cuarto	segundo	14,600	18.25
quinto	tercero	20,000	25.00
sexto	cuarto	18,000	22.50
séptimo	quinto	15,000	18.75
octavo	sexto	10,000	12.50
noveno	séptimo	2,000	2.50
Total		80,000	100.00 %

FIGURA 13

Los rendimientos de un vainillal son extremadamente variables, dependiendo de la ubicación geográfica de la plantación, de su clima, del grado de adaptación del ciclo de vida de la variedad de vainilla utilizada a los factores ambientales específicos creados en cada plantación y de las tecnologías y métodos de cultivo empleados, entre otros. En algunos países, la vainilla ha alcanzado niveles comerciales tan importantes al serle favorables todos los factores mencionados, que se ha logrado desarrollar tecnologías que permiten obtener rendimientos superiores a las 5 toneladas por hectárea (Mod. de Herrerías, 1980; Montoya, 1963; y Parra, 1984).

En México, se permite el corte de los frutos de vainilla que toman una coloración café-obscura y los que se empiezan a abrir en su parte inferior, a partir del primero de Octubre. Los que no reúnen estas condiciones se deben cosechar a partir del 15 de Noviembre, como lo marca el Decreto Presidencial del 8 de Marzo de 1943, que reglamenta el corte, beneficio y comercialización de la vainilla. Pero esta disposición, en razón de ser política, especialmente para preservar la calidad de la producción, o para evitar que se cosechen previamente las vainas en previsión de robos realizados por bandas de asaltantes, es violada constantemente. Las fechas de corte deberían ser fijadas anualmente, por zonas, en función del comportamiento fenológico de las plantaciones, cuyos dueños, previa solicitud, deberían tener derecho a la protección militar de su cosecha por medio de una módica erogación económica (Mod. de B.N.C.E., 1961; Parra, 1984).

En Papantla, el período de cosecha se inicia normalmente en el mes de Octubre de cada año y se extiende hasta el mes de Febrero del año siguiente, o sea, de 7 a 9 meses después de la polinización. Cuando se violan los reglamentos, la cosecha se presenta en los meses de Agosto y Septiembre, pero las pérdidas son así considerables (B.N.C.E., 1961; Cipagauta y Sánchez, 1979; Vainilleros, 1945; Parra, 1984; Univ. Ver. 1984).

En las plantaciones de la zona de Papantla, el rendimiento actual se calcula entre 300 y 600 Kg/Ha de vainilla verde. Este rendimiento tan bajo es consecuencia de las prácticas de cultivo primitivas y de que el fruto se ha venido cortando antes de la época adecuada, entre otras muchas razones, por la existencia de las bandas de asaltantes organizadas para robar las vainas. No obstante, algunos productores han iniciado ya, plantaciones de acuerdo a normas agrícolas y de seguridad más avanzadas, por lo que se espera que el rendimiento aumente aún más. Sin embargo, el establecimiento de este tipo de plantaciones eliminó a muchos productores que no pudieron pagar la implementación de la seguridad ni la tecnología requerida para mejorar la producción y en consecuencia resultó dramáticamente afectada la producción nacional, hasta el grado de quedar fuera del mercado mundial (Herrerías, 1980; Univ. Ver., 1984).

Williams y Col. (1980) mencionan que los rendimientos de vainilla beneficiada anuales por hectárea son de alrededor de 120 Kg pero el avance tecnológico de las plantaciones está cambiando radicalmente esta precaria situación y además, el precio internacional de la vainilla continua subiendo..... Los rendimientos y la producción de México, han sido detallados en orden cronológico en la sección de historia, al principio de esta tesis. ^{Pág 38 y 54tes.}

Después de colectados los frutos, se ponen a secar a la sombra y se embadurnan con una ligera capa de aceite de coco o de ricino para conservar su blandura y privarles de ser atacados por los insectos durante el proceso del beneficio (Rengade, 1887).

No está dentro de nuestros objetivos describir aquí el procedimiento ideal, o más conveniente y convincente para el beneficio de los frutos cosechados, que cada autor recomienda de manera distinta y que varía de país a país. Se utilizan recursos empíricos que van desde la manufactura artesanal, hasta los procesos tecnificados en aparatos especiales. Sólo hemos de señalar que en estos aspectos todavía hace falta la racionalización metodológica de los especialistas en Tecnología de Alimentos, ya que ninguna de las clasificaciones comerciales en que

son separadas las vainas, a excepción de la denominada "escarchada", obedece a su contenido cuantitativo en vainillina, o a un estándar de calidad científicamente establecido para los diferentes tipos de bálsamos que contienen las vainas. Imperan todavía una serie de criterios tradicionales que obedecen más a parámetros estéticos o convencionales.....

El contenido de vainillina mejora en función de delicadas manipulaciones de deshidratación controlada durante el beneficio, siendo igual a lo largo de toda la vaina, ya sea que esté entera, o en forma de picadura. Las vainas, cortadas en pequeños trozos, se agotan posteriormente con alcohol etílico en extractores de operación continua para elaborar extractos y a estos últimos, para su control, se les practican las siguientes determinaciones: vainillina, número de plomo, color, acidez, cenizas y alcalinidad de las cenizas, que son las que deberían servir para determinar el precio.

Si la producción mexicana de vainilla ha de ser vendida a "granel", para competir en los mercados extranjeros como mercancía tradicional, equiparándosele como se hace convencionalmente, con aquellas producciones de otros lugares que resultan siempre de menor calidad, resulta absurdo gastar en un sistema de empaquetado artesanal y cuidadoso que eleva grandemente los costos de la producción. México no puede competir a este nivel con países como Madagascar, que producen mucho más que nosotros y en forma constante, lo que les sirve para determinar el precio internacional mediante la relativa "seguridad" de sus volúmenes de producción. En consecuencia, sería preferible permanecer en este mercado vendiendo un extracto nacional de calidad uniforme regulada mediante una asociación de productores. Empero, como además nuestra producción es irregular y tenemos una infraestructura relativa que ha definido siempre alta calidad artesanal en el envasado de las vainas, sería preferible convertir nuestra vainilla en vaina en artículo de lujo, ya sea vendiendo las artesanías que con ellas se fabrican, o pequeños paquetes para los supermercados de todo el mundo, promoviendo ésto, con campañas publicitarias especiales que difundan su alta calidad y excelencia y promuevan su consumo, por ejemplo, para postres y repostería selecta. Así, saldríamos de los cánones desventajosos en que -para perjuicio de la producción na-

cional-, nos han ubicado los expertos de la Bolsa de valores de Wall-Street y las hábiles campañas de descrédito de la Prensa Norteamericana (Univ. Ver., 1984).

DERIVADOS Y PRODUCTOS QUÍMICOS DEL FRUTO DE LA VAINILLA Y SUS USOS

CONOCIDOS (Rangade, 1887; Giral y De la Mora, 1944; Correll, 1944; Castañeda y col., 1947; UTEHA, 1952; Acosta, 1961; Stuart, 1969; Domínguez, 1973; Shriner y col., 1974; Bianchini y col., 1975; Merck Co., 1976; Luna, 1981).

BALSAMO DE VAINILLA/ Oleorresina natural que escurre del fruto dehiscente maduro en condiciones naturales. Producto mixto formado predominantemente por aceites esenciales y resinas, muy apreciado en Sudamérica y por lo mismo cuidadosamente colectado para usos culinarios y/o medicinales.

EXTRACTOS Y OLEORRESINAS/ Aromatizantes en pastelería y licorería, correctivos en medicina naturista o herbolaria y alopática por sus propiedades tónicas, excitantes o estimulantes, y coleréticas, en la terapia de la inapetencia y de la atonía gastrointestinal; aromatizantes y/o excipientes de medicamentos y complementos alimenticios o dietéticos; primer paso para la elaboración o extracción de todos los otros derivados químicamente puros del fruto. Se usaban también para impedir el enranciamiento de sustancias grasas. Se reportan como afrodisíacos y fueron incluidos en las Farmacopeas Europeas como carminativos aromáticos y excelentes antiespasmódicos y antiguamente se les declaraba "cefálicos y nervinos" recomendándolos como sustitutos de la valeriana en las fiebres nerviosas y para los convalecientes. En dosis altas pueden llegar a provocar contracciones uterinas y aborto actuando como oxitócicos, y en mayor cantidad resultan tóxicos.

TINTURA DE VAINILLA/ Mezcla casera, comercial o industrial diversa, en cuya preparación entran principalmente el alcohol, azúcares (caramelo), glicerina, resinas, tintura de canela y/o de naranja amargo, etc., utilizada con fines culinarios, en repostería o para fabricar helados, etc.

VAINILLINA (4-Hidroxi-3-metoxibenzaldehído) $C_8H_8O_3$ / Aldehído sólido cristalino que forma de 0.75 a 5.40 % del total del fruto, intensamente aromático. Una parte de vainillina equivale aproximadamente a 400 de vainas; 2.5-3.0 partes de vainillina equivalen a 500 partes de tintura de vainilla. Se utiliza como saborizante y aromatizante en la confección de alimentos, bebidas, medicamentos, confituras, helados, cosméticos, cremas y perfumes; en la manufactura de licores; en la fabricación de aromatizantes de ambiente para ocultar olores desagradables; para la manufactura de todas las suertes de

chocolates y como reactivo en química analítica. Fisiológicamente puede actuar como alcaloide por su estructura química, produciendo adormecimiento de las papilas gustativas y estimulación general (Se conocen 19 alcaloides aislados de la familia Orchidaceae).

GLUCOSIDOS/ Glucovainillina 4-(β -D-Glucopiranosiloxi)-3-metoxibenzaldehído $C_{11}H_{16}O_5$, Saborizante natural presente en mayor cantidad en el fruto inmaduro, empleado en productos farmacéuticos; pastillas y tabletas./ Alcohol glucovainillico, sin uso reportado; y un tercero, no identificado claramente.

ÁCIDOS/ Vainillico o Vainillínico Ácido-4-hidroxi-3-metoxibenzoico $C_9H_8O_4$, Reactivo sólido utilizado en síntesis orgánica e investigación de grupos fenólicos./ Salicílico Ácido-2-hidroxibenzoico $C_7H_6O_3$, Preservador de alimentos; en la manufactura del salicilato de metilo y otros salicilatos de uso médico; en química analítica; queratolítico tópico; antiséptico y antifúngico y otros usos dermatológicos y para tratar el timpanismo gástrico en medicina veterinaria. Generalmente se obtiene de otras fuentes vegetales o por síntesis artificial. Posiblemente es el principal compuesto responsable de las propiedades analgésicas que ha manejado la medicina precolombina en el trabajo de parto y el uso del bálsamo.

RESINAS/ Componen entre el 2.3 al 4.0 % del fruto. No se aclara su composición o estructura, pero son importantes fijadores del aroma y sabor de todos los extractos, perfumes y cosméticos derivados de la vainilla.

POLIFENÓLES/ La vainilla posee varios compuestos de este tipo, cuya estructura y composición nos son desconocidas. Se dice que son responsables de la variación del color en los extractos. / Piperonal 1,3-Benzodioxol-5-carboxialdehído $C_{11}H_{12}O_3$, Compuesto de acción insecticida sobre áfidos (pediculicida); se usa en perfumería, en la confección de saborizantes artificiales de vainilla y cereza y en síntesis orgánica de productos colorantes -y otros-.

AZÚCARES/ Se encuentran en una proporción natural de 0.2 % que actúa como estabilizador de los extractos, y deben ser añadidos si su proporción baja.

OTRAS SUSTANCIAS/ El fruto contiene además, en proporción pequeña variable, Proteínas, Oxalato de Calcio, Minerales, Pectina, Grasa, Cera, Tanino, p-oxibenzaldehído y Gomas./ Hay también varios derivados químicos de síntesis artificial que se obtienen a partir de los componentes naturales, entre ellos destacan: La Vainillinacetona, que es una cetona sólida; La Dietilamida del ácido vainillico, que es un estimulante central y respiratorio; y el Vainillal ó Etilvainillina, derivado aromático cuyo olor, más fino que el de la propia vainillina, se utiliza para perfumes finos o como saborizante.

NOTA: La planta *Trilisa odoratissima* (Walt.) Cass. Compositae, que crece en los Estados Unidos, se utiliza para perfumería, y para aromatizar gomas de mascar y tabaco. Crece de Virginia a Florida y en Luisiana, y contiene aceite volátil y coumarina (conocido cancerígeno) su olor es idéntico al de la vainilla y de ahí su nombre de "Planta de Vainilla".

CAPÍTULO SÉPTIMO

EL SUELO, ABONAMIENTO, LOS NUTRIMENTOS

EL SUELO

La capacidad de producción de un suelo depende de su perfil, pero no alcanza su máximo a no ser que el nivel de todos los factores nutritivos haya sido correctamente ajustado, en función de su constitución y de las necesidades del cultivo.... El método general a seguir, implica una relación directa entre la propiedad y el comportamiento del vegetal en rendimiento

A. Demolon & S. Hénin

Deben evitarse todos aquellos terrenos planos o a nivel, donde las aguas estancadas pueden cubrir las raíces de la vainilla. Especialmente todos aquellos pantanosos o inundables, pesados y con mal drenaje. Si el terreno es inundable, pero presenta valores aceptables de permeabilidad y la inundación sólo es estacional, se requiere el establecimiento de drenes o zanjas que eviten los excesos de agua, sobre todo en época de lluvias. El buen drenaje de los vainillales es la primera condición imprescindible para el éxito de la plantación, pues aunque el terreno debe tener siempre un cierto grado de humedad constante, no debe ser excesivamente húmedo porque con ello se propician las enfermedades fungosas y mucho menos debe mantener películas o capas de agua porque producen el ahogamiento de las raíces y la formación de condiciones reductoras en el suelo (Correll, 1944; Martínez, 1959; Mc Millan Co., 1961; Montoya, 1963; Miranda, 1976; Parra, 1984; y Univ. Ver., 1984).

Igualmente, no se deben utilizar sitios extremadamente empinados o escarpados porque la erosión afecta seriamente a las plantas, a lo que se añade la dificultad de atenderlas agrónomicamente en dichas condiciones. Si el único terreno de que se dispone presenta pendientes moderadas, debe ser terraceado antes de establecer el vainillal. Por consiguiente, el sitio ideal es una colina o ladera de suave declive, o valles con drenaje natural de preferencia protegidos del viento, que permitan un drenaje adecuado pero no excesivo (Correll, 1944; Miranda, 1976).

Como las raíces de la vainilla se encuentran confinadas en su mayor parte dentro de la capa de mantillo y humus, esta capa debe mantenerse estable durante todas las estaciones del año y de preferencia, debe ser bastante gruesa. Esta materia orgánica en descomposición es la segun-

da condición imprescindible para el éxito de una vainillería. Mc Clelland (1919) cit. por Correll (1944) encontró en una prueba que el desarrollo de la raíz es 85 % mayor en la capa de hojarasca y detritus orgánicos que en el propio suelo, y también, que el desarrollo de los bejuocos es considerablemente mayor a partir de la capa de hojas que a partir del suelo desnudo. Esto enfatiza la necesidad de cuidar continuamente a las plantas, dotándolas de una gruesa cubierta vegetal, quitando del sitio los residuos grandes, los cuales deben desmenuzarse y dejarse pudrir aparte antes de aplicar, para que no interfieran ni con la salud de las raíces, ni con las labores agrícolas del cultivo. (Mod. de Cornajllao, 1902; y Correll, 1944).

Por lo general, estos suelos son bastante fértiles y así, la fertilidad natural es la tercera condición imprescindible para el éxito de la plantación. Tienen un contenido de materia orgánica elevado, que puede sobrepasar el 11 % y una estructura granular que proporciona una porosidad adecuada para el movimiento del agua y el intercambio efectivo entre la fase gaseosa del suelo y de la atmósfera.

FIG. 60

A partir de los datos experimentales de Hernández (1981) obtenidos en el estudio físico-químico de 14 suelos de vainillales de la Zona Norte del Estado de Veracruz, considerada por muchos autores como la mejor zona vainillera del mundo, hemos podido establecer algunos valores cualitativos relativos de las variables físico químicas de los suelos vainilleros -propriadamente tales-, idóneos u óptimos para el cultivo de esta planta. Cuando no ha sido posible, anotamos los intervalos relativos de los valores óptimos y dentro de éstos, de manera no exclusivamente teórica, sino también analítico-sintética, cual o cuales podrían ser los ideales. Los valores obtenidos y sus intervalos se confrontan con la bibliografía cuando ésta los consigna y todos contra todos entre sí, en un sistema gráfico. FIGS. 17 Y 53

El primer análisis consistió en determinar la textura del suelo óptima para un vainillal. Para esto, se colocaron en el diagrama triangular de clases texturales de la USDA, FIG. 15 cada uno de los suelos de acuerdo con sus valores cuantitativos de arena, limo y arcilla, que Hernán

dez (1981) analizó por el método de pipeta. Asimismo, se realizó el cálculo de promedios, máximos, mínimos y rango, partiendo de la consideración de que el muestreo de Hernández, fue aleatorio, ya que los suelos de los vainillales que estudió, no presentan ningún criterio sistemático específico de selección estadística. Así, encontramos que los valores óptimos de textura para los suelos de plantaciones de vainilla podían ser establecidos cuantitativa y cualitativamente, como se presentará enseguida. Naturalmente, estamos conscientes de que un muestreo mayor y deliberado —a posteriori— podría mostrar algunas variaciones con respecto a los resultados obtenidos. Sin embargo, a efectos prácticos esto puede dejarse para una confrontación experimental posterior.

FIGURA 14

VALORACIÓN GRANULOMÉTRICA DE 14 SUELOS VAINILLEROS (0 a 10cm de prof.).				
SUELO No.	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE TEXTURAL USDA
1	15.8	46.2	38.0	Franco
2	10.4	63.2	26.4	Franco limoso
3	5.2	49.6	45.2	Franco arenoso
4	10.8	39.4	49.8	Franco
5	2.0	42.4	55.6	Franco arenoso
6	5.2	44.6	50.2	Franco arenoso
7	10.8	65.0	24.2	Franco limoso
8	15.0	51.2	33.8	Franco limoso
9	13.6	36.8	49.6	Franco
10	13.2	62.0	24.8	Franco limoso
11	13.2	35.6	51.2	Franco
12	5.0	24.2	70.8	Franco arenoso
13	15.8	42.6	41.6	Franco
14	22.0	36.0	42.0	Franco

(Hernández, 1981).

VALORES PONDERADOS	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE TEXTURAL	SUMA %
Promedios	11.3	45.6	43.1	Franco	100
Máximos	22.0	65.0	70.8	————	157.8
Máximo normalizado	13.9	41.2	44.9	Franco	100
Mínimos	2.0	24.2	24.2	————	50.4
Mínimo normalizado	4.0	48.0	48.0	Franco arenoso	100
Rangos	20.0	40.8	46.6	————	————

Como puede verse más adelante, la representación gráfica de todos estos valores dentro del triángulo de texturas de la USDA, nos ha permitido definir dos áreas para la "nube de puntos". Una, que corresponde a los límites reales observados, definida en sus límites por valores

máximos y mínimos; y otra, teórica, obtenida por normalización, mucho más pequeña, limitada por valores texturales idealizados mediante el método numérico y cuya finalidad es establecer la zona textural de los suelos ideales para el cultivo de la vainilla.

Si se observa cuidadosamente el triángulo de texturas donde hemos señalado los intervalos de confianza de la arcilla, limos y arenas, se notará que la amplitud de la variabilidad en porcentaje de cada uno de los tres es diferente; es decir, que la zona del intervalo de porcentajes de arenas varía menos que la de limos y ésta última, a su vez, menos que la de arcillas.

DIAGRAMA TEXTURAL DEL USDA APLICADO A LÍMITES Y VALORES IDEALES DE LOS SUELOS VAINILLEROS

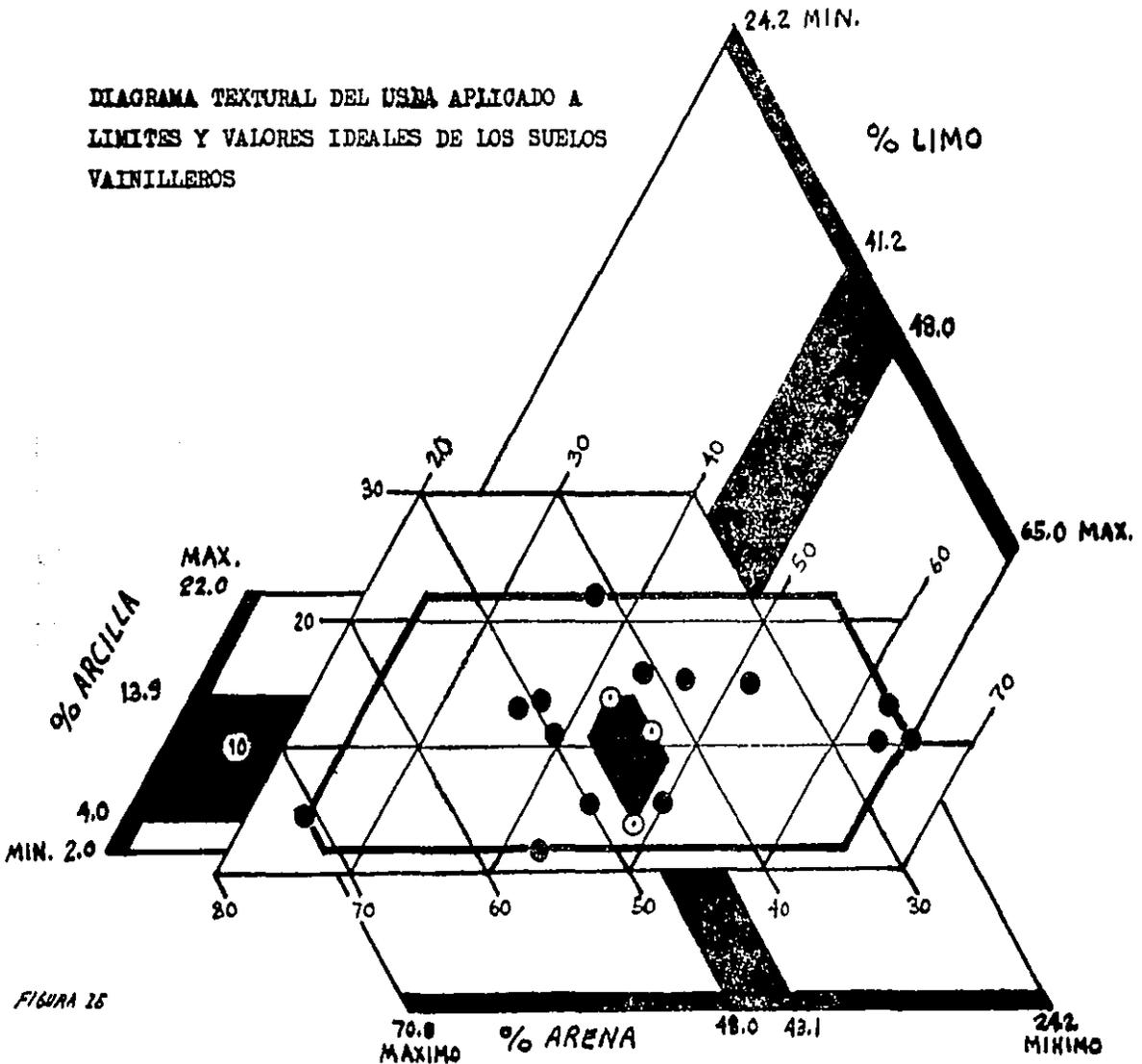


FIGURA 16

Esto significa que el modelo gráfico así construido tiene "coherencia interna" ya que el área "ideal" de texturas para los suelos de los vainillales, no sólo queda definida por el área del triángulo donde se oruzan y coinciden los tres intervalos mencionados, sino que en el mismo sentido, tiene una variabilidad interna inversamente proporcional al tamaño de las partículas de cada una de las fracciones del suelo, de manera que cualquier movimiento dentro del área ideal compensa automáticamente la proporción de los materiales dentro de los límites de tolerancia señalados a los valores. Por último, el modelo demuestra por simple lógica, que la fracción más importante de las tres consignadas, en la definición de lo que es un suelo vainillero, es la de arenas, que es la más limitativa en cuanto a su rango de valores.

También puede observarse que el área definida por los valores reales (que permiten limitar en el triángulo de texturas el área más grande), representa en cierto modo, una zona o "nube" de posibilidad de combinaciones texturales útiles para establecer una vainillería. Empero, debemos observar que la razón por la cual sus valores escapan a la zona ideal, se debe a que la acción de otras variables del suelo sobre la textura lo ha permitido (por ejemplo, la floculación producida por altos contenidos de calcio en ambientes húmedos, o las modificaciones estructurales provocadas por cantidades porcentualmente elevadas de materiales orgánicos). Esto se produce mediante compensaciones que desplazan en uno u otro sentido el carácter determinante que quisiéramos otorgar a la textura en sentido estricto y nos demuestra, que el ejercicio teórico realizado con el modelo, únicamente cumple una finalidad didáctica al probar radicalmente, que el juego real de interacciones entre las variables del suelo, modifica sus límites constantemente y de modo discontinuo y dinámico. Por lo tanto, el manejo de las clases texturales no basta para comprender la dinámica del suelo de los vainillales. Esta dificultad de aprehender teóricamente lo que es el suelo del ecosistema artificial que nos ocupa, no impide observar una valiosa contribución del modelo, pues en contraposición a las afirmaciones de varios autores (Mo Millan Co., 1961; Parra, 1984; Univ. Ver., 1984, etc.) de que el suelo ideal para la vainilla está dentro de las clases texturales arenosas, vemos que en rea-

lidad son los suelos francos, los que cumplen esta condición. Más adelante se verá, como aún este nuevo criterio, tiene que enmarcarse en una nueva connotación.

El tratamiento numérico ejemplificado en detalle para la textura, será el mismo dado posteriormente a cada una de las variables relacionadas con los nutrimentos del suelo, en consecuencia, anotaremos únicamente las variaciones de procedimiento cuando sea necesario, para evitar repeticiones.

Cualquier suelo bien iluminado, poroso y friable, fácilmente penetrado por las raíces de la planta y abundantemente provisto de humus y desechos orgánicos en proceso de humificación, fértil, abierto, con gran capacidad de retención de humedad, permeable, ligero y esponjoso es apropiado para la vainilla (Correll, 1944; Montoya, 1963; Wild-Altamirano, 1967; Byrd-Graf, 1978; y Parra, 1984).

Todavía mejor aún, si como hemos determinado su textura es franca, su subsuelo arenoso y su estructura granular. Como el sistema radicular de la planta se halla localizado a sólo dos centímetros de la superficie del suelo y penetra, únicamente 10 ó 15 centímetros en profundidad, los horizontes con materiales orgánicos en proceso de humificación o ya humificados, deben sumar cuando menos un grosor de 20 cm constantes todo el año.

Un buen suelo vainillero es moderadamente arenoso (pero con arenas finas o medias preponderantemente) ligeramente adhesivo y plástico al tacto, pudiéndose formar con él bolas ligeras, ligera o moderadamente coherentes y sin la posibilidad de moldearlo en cordones -aunque a veces esto se logra con gran dificultad-.

La existencia de un subsuelo arenoso es muy ventajosa porque asegura un buen drenaje, pero la arena no debe ser tan gruesa como para permitir una lixiviación excesiva de nutrimentos o pérdidas de suelo intensas por drenaje vertical directo que exijan compensaciones demasiado voluminosas de materiales orgánicos en forma de abonos.

Para ayudar a prevenir la erosión y evitar la exposición de las raíces de la vainilla a la desecación que les provoca la intemperie, es necesario evitar escardas o deshierbes excesivos del terreno. Las hierbas son una fuente anual de humus para la plantación. Los suelos situados debajo de los tutores pueden ser sembrados con plantas rastreras que ayuden a conservar la humedad del suelo y reduzcan el impacto directo de las precipitaciones evitando la erosión, pero dichas plantas, no deben ser competidoras directas de la vainilla. Wild-Altamirano, 1967, menciona a Zebrina pendula Schnizl. una commelinacea, para ello, pero esta planta requiere grandes cantidades de calcio para su desarrollo y si este elemento no es suficientemente abundante, compete ventajosamente sobre la vainilla.

Para sembrar vainillas en macetas, Byrd-Graf, 1978, 1980, recomienda tierra vegetal de hoja, rica en humus, materia orgánica o turba, con musgo pantanoso Sphagnum por su capacidad de retención de la humedad, añadiendo una pequeña cantidad de margas, y perlita para el drenaje.

La región vainillera de Papantla, Ver. produce cerca del 98 % del total de la vainilla de México. Está formada por terrenos constituidos principalmente por lomeríos con pequeñas pendientes, surcados por ríos en la región costera (Oriental), y por montañas elevadas surcadas por ríos y arroyos en la región Occidental. Las plantas crecen al abrigo de los vientos en terrenos con suave declive natural, donde la vegetación es tupida o densa. Las formaciones geológicas del área, han dado origen a suelos coluviales o residuales que han resultado de la desintegración de rocas volcánicas como andesitas y basaltos, mezclados con cantidades considerables de materia orgánica, a suelos aluviales generalmente con las mismas características, y a suelos marcadamente calcáreos. Todos ellos, coinciden con las características que hemos venido señalando hasta ahora, pero además, son ricos en óxidos de hierro, carbonatos de calcio, magnesio y potasio, todos ellos nutrientes necesarios para la vainilla, encontrándose en altitudes de hasta 600 m.s.n.m. (B.N.C.E., 1961; Montoya, 1963; Cipagauta y Sánchez, 1979; Herrerías, 1980; y Parra, 1984).

Estas condiciones del suelo, se satisfacen en varios estados de nuestra República, pero especialmente en Veracruz, en el área limita-

da por el triángulo formado por Nautla al Sur, Tuxpan al Norte y Espinal al Occidente, siendo los Municipios de Papantla y Gutiérrez Zamora, los que conservan todavía las tradiciones relacionadas con el cultivo. En varios otros lugares del país hay vainilla todavía, pero como cultivo comercial no tiene ya en ellos, importancia alguna, debido a cambios de clima desfavorables, casi seguramente provocados por la destrucción irracional de las selvas. Volveremos sobre esto en el capítulo de Climas.

El 70 % de los suelos ejidales propios para la producción de vainilla en el área de Papantla, son actualmente potreros, mientras que antes eran zonas boscosas. La extensión paulatina del área de potreros ha frenado la proliferación de las parcelas vainilleras y su supervivencia también. La desecación climática producida por la deforestación ha reducido a un 50 % la probabilidad de la lluvia mensual, pues los potreros son secos y no tienen capacidad de retención de humedad. Así, se ha reducido la constancia de las lluvias que hace tan sólo 20 ó 30 años se solían registrar y con ello, se ha perjudicado notablemente la capacidad de mantener la humedad necesaria en la materia orgánica del suelo y también, por lo tanto, la tasa adecuada de descomposición, que ahora es muchísimo más rápida (Mod. de Wild-Altamirano, 1967; y Univ. Ver., 1984).

FERTILIZACIÓN Y ABONAMIENTO

Como sucede con todas las orquídeas, la experiencia ha señalado que la aplicación directa de los abonos químicos al vainillal, es motivo de daños. La pureza de las sales fertilizantes es perjudicial: se resecan las raíces y se destruyen las plantas. Esta hipersensibilidad de la planta a los cambios químicos del suelo es tan notoria, que inclusive los estiércoles animales deben ser evitados a menos que se les someta a un tratamiento intensivo de descomposición previo a su utilización directa (Correll, 1944; Cipagauta y Sánchez, 1979).

Sin embargo, en las plantaciones de las Islas del Pacífico se emplea con éxito el fertilizante aplicado en forma foliar. Particular

mente, una solución de urea al 1 % (Williams y Col., 1980). Aplicaciones foliares de urea en concentración mayor al 2 % tienen efecto fitotóxico (Holle y Montes, 1982). Este tipo de aplicación resulta a veces el medio más eficiente para suplir con elementos menores a la planta, pero los resultados favorables ocurren solo cuando las cantidades del elemento que se requieren se aplican en cantidades pequeñas, pues las hojas tienen una capacidad de absorción muy limitada (Holle y Montes, 1982). Personalmente, he logrado el enraizamiento y desarrollo posterior, de un bejuco de vainilla que tenía varios días de cortado y las hojas bastante deshidratadas, mediante riego por goteo y un fertilizante con polímeros de solubilidad controlada, añadido al agua de riego, o atomizado sobre la planta, que tiene la formulación siguiente: nitrógeno 25 % fósforo 12 % potasio 7 % así como 1000 ppm de hierro, zinc y azufre en forma de quelatos, para cada 500 g.

Analizando varios órganos de la planta, Martínez (1959) señala los contenidos siguientes:

	Materia Orgánica %	Minerales %
En las raíces	93.73	6.27
En los tallos	91.53	8.47
En las hojas	84.32	15.68
En los frutos	89.69	10.31
En 100 gramos de cenizas:	Potasa	11.46
	Magnesio	4.60
	Cal	27.07
	Acido fosfórico	2.01

FIGURA 16

Habría que saber los contenidos de sales de cada parte de la planta, así como las proporciones aproximadas en peso de cada una de ellas en las diferentes etapas de su ciclo vital y después, velocidades y mecanismos de asimilación..... y saber compensar sus deficiencias.

No es posible aplicar fertilizantes, pero es necesario cuando menos, reponer al suelo todos estos elementos conforme se va desarrollando la plantación y hacerlo de tal manera que no se le perjudique. La experiencia y la tradición señalan que la forma más idónea de lograr este objetivo está en reponerlos integrados al mantillo mediante una cuidadosa elaboración de compostas enriquecidas u abonos orgánico-minerales. Como se ve, el

calcio es imprescindible para las hojas y el potasio para los frutos, señala el propio Martínez.

Si el terreno es silicoso o arcillo-silicoso, pero pobre en calcio, esta substancia es necesaria. Los análisis de magnesio y potasio, deben indicar también en que cantidades hacen falta. Es de observarse, que las técnicas de preparación de las mezclas orgánico-minerales están fundamentadas en ensayos y experiencias dictados por el sentido común y por lo tanto, resultan completamente empíricas. Esto significa que el proceso total debe investigarse de acuerdo con los criterios modernos de las fermentaciones tecnológicas, para evaluar balances energéticos y calidad y cantidad de las transformaciones químicas y si éstas finalmente benefician o no a la vainilla. Tan sólo la consideración de que cada suelo local, en función de sus deficiencias propias, requiere un manejo diferente de proporciones de nutrientes, nos hará comprender la magnitud del problema.

Como la vainilla vive prácticamente de los desechos orgánicos humificados o en proceso de humificación y sólo parcialmente del verdadero suelo, sólo aquellos elementos que se encuentren en el humus y que no alteren su complicada ecología por hallarse formando complejos orgánicos, le servirán de alimento. Como indica Boulaine (1981) únicamente la materia vegetal da origen a los compuestos de evolución compleja a los que llamamos humus. En un vainillal, las sales fertilizantes sólo que man y luego, se lixivian. La porción de humus no aprovechada por las vainillas, alimenta a los tutores, y el excedente, mantiene la fertilidad natural del suelo.

Mucho se ha escrito y discutido sobre las ventajas de los mantillos o compostas. En general, al hacer este abono el agricultor se propone debilitar un abono energético con una materia inerte o poco activa utilizando las vías fermentativas, o bien se trata (cuando se adiciona cal), de apresurar la disgregación de las materias duras y resistentes, de otro modo incómodas de emplear, de distribución difícil y de muy lenta descomposición. Por los muchos y variados materiales que se adoptan y por el modo de preparar los mantillos, es evidente que su composición ha de ser

muy compleja y sus materiales nutritivos han de encontrarse en un estado de fácil asimilación. Bajo todos los conceptos, el cómpost constituye el mejor abono que se puede emplear en el cultivo de la vainilla, otorga los mejores resultados, es económico y absorbe toda la basura de los deshierbes, despuntes y podas (Mod. de Tamaro, 1979).

Suele creerse que el cómpost lo inventó Sir Albert Howard, quien fue el primero en experimentar sobre el modo de prepararlo en Indore (India), antes de la Primera Guerra Mundial. Pero el cómpost existe desde que hay plantas verdes sobre la tierra. Cualquier vegetal que caiga al suelo y se descomponga en forma "aerobia", se transforma en cómpost (La vegetación que se descompone en forma "anaerobia" se convierte en turba y al final, bajo el efecto de la presión, en carbón). ¿Por qué, entonces tomarse el trabajo de elaborarlo?. Cuando se arrancan malas hierbas y se las deja sobre el suelo, se pudren y las lombrices se las llevan hacia adentro, con lo cual se forma cómpost. Si se las entierra pasa lo mismo pero de modo subterráneo y con mayor rapidez. ¿Por qué no enterrar entonces cualquier vegetación que se encuentre y dejar que se pudra y se convierta por si misma en cómpost?. La razón estriba en que las bacterias que pudren la materia vegetal consumen gran cantidad de nitrógeno en ese proceso, así; cuando se entierran vegetales (abonos verdes), las bacterias absorben todos los nitritos y nitratos que hay en el suelo y los usan para descomponer esos residuos, agotando con ello las reservas de nitrógeno en detrimento de las plantas. Esta penuria es sólo temporal porque cuando las bacterias han acabado su trabajo vuelven a liberar el nitrógeno, además del que hubiera en los residuos vegetales pero hay que esperar. Para un vainillal, escarbar el suelo es malo y en el proceso de descomposición entran hongos y bacterias desfavorables, que pueden crear las condiciones ideales para varias enfermedades destructivas. Además, se necesita el cómpost en superficie, donde está la raíz. Un método mejor es acumular todos los restos de vegetación en un montón. Allí, se les suministra el nitrógeno y otros nutrientes necesarios, de manera que las bacterias de la putrefacción desintegren con rapidéz -fuera del vainillal y sin riesgo ni daños para las raíces de nuestras plantas-, toda la materia orgánica y esto es importante, generen mucho calor. El montón de cómpost deberá alcanzar una temperatura de al menos

66 °C. Hay agricultores que llegan al extremo de tomar la temperatura con un termómetro, pues el calor es crucial; en primer lugar, porque mata a la mayoría de las semillas de las malas hierbas y a las esporas de los microorganismos patógenos; en segundo, porque causa cambios reales de síntesis en la materia orgánica que son benéficos. Pero ¿qué pasaba antes de la invención de Howard?. Los labradores han preparado cómpost desde siempre. Ponían paja en el corral y dejaban que las vacas, los cerdos o las aves se encargaran del resto. Los animales segregaban grandes cantidades de excrementos y orina que se mezclaban con la paja pisoteada. El estiércol se consolidaba y al estar en condiciones anaerobias, no podía acabar de descomponerse en el corral, por lo que era sacado al exterior y se formaba con él un montículo. Este proceso aireaba a fondo el estiércol y lo transformaba en cómpost. Este cómpost de estiércol fue la base de la agricultura antes de la invención de los fertilizantes (Mod. de Seymour, 1980).

El problema del abonamiento del suelo es complejo y depende de muchas variables. Si se le incorporan los elementos necesarios para el buen desarrollo del cultivo se obtienen mayores rendimientos. Pero si se abusa éstos pueden caer. Para establecer un programa de abonamiento deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- a) La naturaleza físico-química del suelo
- b) La exigencia de nutrientes de la especie propagada a lo largo de su ciclo vital y sus niveles de toxicidad e interacciones
- c) La fertilidad del suelo y las velocidades de la tasa de descomposición cada vez que se decide abonar (Mod. de Holle y Montes, 1982).

El uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta —como hemos indicado— casi al nacimiento de la agricultura. El incremento que tuvo la producción con el consumo de fertilizantes químicos en la época de la agricultura intensiva (1940-1970) disminuyó la atención de los agricultores hacia los abonos orgánicos, pero en la actualidad, tras diversos desengaños, han vuelto a cobrar importancia, por las siguientes razones derivadas de su estudio:

1. Aún en las épocas de producción máxima de abonos químicos, el consumo mundial de nitrógeno y fósforo en abonos orgánicos ha sido superior.
2. La producción de abonos químicos está siendo limitada por el alto costo energético que requiere su preparación, lo que, por elevar su precio, hace que la agricultura que recurre a ellos resulte incosteable frente a la que utiliza y aprovecha al máximo los abonos orgánicos.
3. La pureza química de los fertilizantes deriva en situaciones artificiales que afectan la estabilidad ecológica de los suelos. Aunque es posible obtener grandes cosechas a corto y tal vez a mediano plazo, la capacidad de carga del suelo termina por caer drásticamente y el costo de la recuperación —cuando es posible—, no es compensado por esa productividad parcial inicial ilusoria. Hemos anotado que en el vainillal el daño es inmediato. Los abonos orgánicos todavía no han sido suficientemente estudiados por la ciencia agrológica como para dar después de su aplicación rendimientos inmediatos tan espectaculares, pero en cambio permiten cosechas continuas y no dañan al suelo (Mod. de Núñez, 1981).

Según G. Monnier, cit. por Boulaine (1981) los aportes de materiales orgánicos diversos tienen sobre el suelo los siguientes efectos:

- A partir de sustancias frescas los cuerpos microbianos se desarrollan en abundancia y provocan incrementos considerables, aunque breves de la estabilidad estructural de los agregados del suelo
- Y luego, los productos transitorios de la humificación (caso concreto de la vainilla) son las sustancias responsables de la estabilización del suelo, con actividad inferior pero duración de la acción más prolongada que la de los cuerpos microbianos. En estas dos fases la eficacia depende esencialmente de la distribución de las sustancias nutritivas —primero— y activas —ya transformadas— después.
- Los productos húmicos propiamente dichos que les suceden, son mucho más estables biológicamente y tienen una acción más atenuada (que es en parte lo que requerimos) que depende de la textura y de las uniones en la parte mineral del suelo. Pero su acción es duradera y acumulativa, con mayor efecto residual.

Débito a la poca actividad específica de los productos húmicos estables, cuando la textura no es lo suficientemente ligera el aumento de la estabilidad estructural gracias a un aporte aislado generalmente es imperceptible. Por lo contrario, las consecuencias de aportes repetidos en suelo francos (vainilleros) son acumulativas y muy sensibles. La acumulación de materias vegetales verdes en los vainillales es perjudicial porque proporciona poquísimos ácidos húmicos y tiene una acción directa inmediata y no acumulativa que puede presentar graves inconvenientes porque

con el calor local las fermentaciones son rápidas y a veces llegan a ir acompañadas de la aparición de condiciones reductoras en el suelo y, aunque los productos transitorios actúan únicamente en su punto de formación, lo que permitiría utilizarlos no entrando en contacto con las raíces, de todos modos se favorecen focos de infección. Para mantener a largo plazo la estabilidad estructural del suelo es necesario velar por la conservación de la tasa de humus por medio de un sistema de cultivo y técnicas agrícolas que permitan equilibrar las pérdidas anuales. Si el cultivador no tiene corrales y quiere trabajar sin necesidad de comprar nitrógeno tiene que preparar cómpost. Las plantas de vainilla que crecen en un suelo rico en cómpost son vigorosas y fuertes, muy resistentes contra la mayoría de las enfermedades y plagas; además, los imperativos económicos y ecológicos del vainillal señalan que el cómpost es la mejor opción. El conocimiento de la dinámica del composteo recomienda valorar al máximo todos los productos transitorios procedentes de la descomposición de la totalidad de los residuos de las cosechas y de otros que se puedan conseguir como subsidio (Mod. de Seymour, 1980; y Boulaine, 1981).

Las ventajas de los abonos orgánicos como el cómpost, sobre los fertilizantes químicos son, en casi todos los casos, favorables al desarrollo de la vainilla; Aumentan la capacidad de retención de humedad del suelo a través de su efecto sobre la estructura, granulando y estabilizando los agregados, con lo que mejora la porosidad y se reduce la densidad aparente; forman complejos orgánicos que mantienen a los nutrientes en forma aprovechable para las plantas, al aumentar la resistencia de los agregados y reducen la erosión y el escurrimiento superficial; elevan la capacidad de intercambio catiónico total, lo que impide la lixiviación de los nutrimentos -complejados o libres-; liberan una cierta cantidad de bióxido de carbono que propicia la solubilización de nutrimentos; abastecen de carbono orgánico como fuente de energía a la flora microbiana heterótrofa ocasionalmente asociada a las raíces de la planta; y por último, proporcionan los niveles más altos de fertilidad actual y potencial (Mod. de Núñez, 1981).

Pero hay más, la materia orgánica puede adsorber y nulificar el efecto de algunos virus y otros organismos fitopatógenos y también, eliminar por la misma vía algunos elementos contaminantes nocivos como los metales pesados. Amortigua el potencial hidrógeno y absorbe hasta 9 veces su propio peso en agua. Como se ve, en cierto modo se comporta como una arcilla (en todos los aspectos benéficos de sus cualidades coloidales y sin los defectos como la compactación y las probables condiciones anaerobias conforme va aumentando en proporción). Los coloides del humus difieren de los de la arcilla en lo que se refiere a la manera en que contrarrestan la viscosidad excesiva de los coloides inorgánicos. Cuando la materia orgánica se mezcla con suelos arcillosos la estructura de éstos mejora notablemente. En un vainillal, es más importante la materia orgánica que la parte arcillosa de la textura (hemos visto que alcance valores tan bajos como el 2 %), pues aunque ambas tienen la capacidad de adsorber nutrimentos en forma iónica, la capacidad de retención de la materia orgánica puede ser hasta 100 veces mayor. No obstante, ambos materiales mezclados en adecuada proporción, dan una condición ideal.

Existen tantos métodos de preparación del cómpost como fanáticos de sus virtudes. Howard, ya mencionado, ponía una capa de 15 cm de materia vegetal, a continuación otra de 5 cm. de estiércol, una capa de tierra, caliza molida y fosfato mineral, después otra capa de materia vegetal y así sucesivamente hacia arriba. Descubrió así, que el tamaño óptimo del montón, que él no encerraba en ningún tipo de recipiente era de 3 m de ancho por 1.5 m de altura. Otro método, inventado por el Dr. Shewell-Cooper, cit. por Seymour (1980) quien dedicó también muchos años a la experimentación del cómpost, es usar un arcón de madera dentro del cual se coloca la primera capa de vegetación directamente sobre el suelo para que así las lombrices penetren con facilidad. Se añaden a continuación capas alternas de vegetación y substancia nitrogenada -estiércol o similar- y en ocasiones se cubre la pila con un trozo de alfombra vieja. Este método dá un cómpost excelente. Si en lugar de la alfombra se utiliza plástico negro se obtiene el producto con gran rapidéz. Sin embargo, hay que regar bien debajo del plástico ya que el proceso requiere bastante humedad. Estos arcones son muy cómodos y eficaces. Lo mejor es disponer de tres, aunque para un vainillal pequeño o de tamaño medio es sufi-

cienta con dos. En las grandes plantaciones conviene alargarlos hasta tener una especie de "banda" con las dimensiones adecuadas. Se van llenando de manera secuencial para que se disponga con varios meses de anticipación de compost maduro. La medida usual es de 1.5 m de largo, por 1.5 m de ancho, y se construyen con madera curada, ladrillo, piedra o cemento, con orificios laterales para la ventilación y la parte frontal extraíble. Una vez llenos pueden ser cubiertos también con una capa de tierra. La ventilación no debe ser excesiva o no se conserva el calor que se requiere. No hay que molestarse en añadir cal, pero sí hay que echar de vez en cuando algunas paletadas de tierra para incorporar flora y fauna naturales del suelo. Si no se dispone de estiércol hay que adquirir materiales nitrogenados. Es suficiente con harina de pescado, de sangre, de carne o de algas. Como último recurso es posible usar un fertilizante nitrogenado. Después de que el montón ha alcanzado su máxima temperatura y comienza a enfriarse, se lo invierte colocando la parte superior y los lados en el interior y la parte de adentro por fuera, rociándolo con agua. El agua y la aereación aceleran la descomposición y la temperatura vuelve a subir, lo que mejora la calidad del producto final (Mod. de Seymour, 1980).

La degradación microbiana de sólidos orgánicos por medio de la respiración aerobia, que pasa por una fase termofílica se denomina composteo. En este proceso se reintegran al suelo nutrientes que provienen de desperdicios y que de otro modo se perderían. El proceso de composteo empieza con una colección heterogénea de material orgánico que contiene una gran cantidad de hongos y bacterias.

El aspecto más importante del composteo lo representa el efecto de la relación de valores carbono/nitrógeno (C/N). La mayoría de los microorganismos usan 30 partes en peso de carbono por cada parte de nitrógeno, por lo que una relación C/N = 30 es la más conveniente para una fermentación eficiente, en la cual se produzca una reducción de masa y volumen por medio de la volatilización de gran parte del carbono orgánico en forma de CO₂, aunque se informa de composteos eficientes con materiales que poseen valores de C/N que fluctúan entre 26 a 35.

Si se tienen materiales con bajo contenido de nitrógeno, co-

no son las pajas o desechos de madera, es posible producir mezclas fermentables al añadir materiales con alto contenido de nitrógeno, como son los desechos animales. En estas mezclas, las proporciones de los diversos tipos de materiales usados se deben calcular de forma que la relación C/N se acerque lo más posible a 30. Se debe procurar no hacer mezclas con alto contenido de nitrógeno (o bajos valores de C/N) ya que la fermentación de las mismas provoca pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal, favorecidas por la elevación de la temperatura y el pH ligeramente básico.

Durante la fermentación microbiana de materiales orgánicos se presenta una clara sucesión ecológica de poblaciones. En un principio se encuentran presentes gran número de bacterias y hongos mesofílicos que se desarrollan consumiendo los carbohidratos más fácilmente degradables y al multiplicarse producen un aumento gradual de la temperatura y algunos ácidos orgánicos. El proceso en sí, se inicia en el momento mismo en que las condiciones de humedad, temperatura y aereación son favorables, lo que eleva la temperatura a consecuencia de las oxidaciones biológicas exotérmicas. Como la materia orgánica contiene gran cantidad de espacios porosos que ayudan de por sí a incrementar su mala conductividad térmica, actúa sobre sí misma como aislante, causando que la mayor parte del calor producido permanezca dentro de la pila de materiales orgánicos.

Dependiendo del tipo de materiales se requieren ciertos valores mínimos para que se produzca la actividad microbiana. En el caso de la humedad, éstos fluctúan alrededor de un 40 %. Un mismo contenido de humedad puede reflejar situaciones muy distintas respecto a la disponibilidad del agua para los microorganismos. La actividad del agua es así el factor que mejor describe el estado en que ésta se encuentra presente y el grado de dificultad que pueden tener los diversos organismos para utilizarla en su crecimiento. Como en la fase termofílica cierta cantidad de lípidos se encuentran en estado líquido, se ha pensado en la conveniencia de sumar ambos términos para obtener una expresión numérica más coherente del porcentaje real de humedad. Importa conocer también el comportamiento de dicho porcentaje con respecto a las variaciones que va presentando la temperatura. En los trópicos, las altas temperaturas ambientales (independientes de la pila) permiten producir el cómpost más rápidamente,

además de que las altas humedades y las lluvias favorecen la descomposición (Núñez, 1981; Cásseres, 1984).

En el composteo de pajas de cereales se necesita una humedad mayor de 70 %, pero si se presenta exceso de humedad disminuyen los espacios libres en el material y se produce anaerobiosis.

Dado que la pérdida de calor es proporcional a la superficie expuesta a la intemperie y, su generación y conservación, es más bien función del volumen, en las pilas grandes se tendrá un aumento continuo de la temperatura, mientras que en las pequeñas se presenta un estancamiento temporal cuando se alcanzan los 40 °C. A esta temperatura, los microorganismos mesofílicos han producido ya ácidos orgánicos suficientes para provocar una acidificación de las pilas. El pH+ inicial de 6 (parecido al del material celular de los vegetales) disminuye sensiblemente. La combinación de acidéz y calor permite una substitución por bacterias termófilas que consumen -además de lípidos- hemicelulosas, pero que son incapaces de atacar lignina y celulosa. Por encima de los 40 °C aparecen también hongos termófilos y algunos actinomicetos que añaden la celulolisis al proceso de descomposición.

La temperatura óptima de descomposición termofílica tomando en cuenta la producción de bióxido de carbono está en el intervalo de los 50 a los 60°C, en el que se presenta la descomposición más rápida. A partir de los 55°C el número de bacterias mesofílicas disminuye a un mínimo y las termófilas ocupan totalmente su lugar al llegar a los 60°C. A esta temperatura, la producción de calor de la masa en composteo presenta un máximo. El pH+ aumenta paulatinamente con la temperatura y se estabiliza ligeramente alcalino a causa de la producción de amoníaco. Arriba de los 60 °C los hongos termofílicos comienzan a disminuir. A los 64 °C se ha alcanzado en términos generales, el valor límite para la producción de un cómpost ideal. Las temperaturas superiores son desventajosas. A temperaturas cercanas a 70 °C se encuentran principalmente bacterias esporulantes. El máximo alcanzable por actividad microbiana en masas en fermentación puede alcanzar los 76 °C; aquí, son los actinomicetos los dominantes y degradan todavía hemicelulosas y celulosas, siempre y cuando se tenga

suficiente agua para que el crecimiento no se encuentre limitado, pues la asimilación de oxígeno en las mezclas en fermentación, depende directamente de la temperatura hasta que se alcanzan los 70 °C (Mod. de Leal, 1981).

El límite máximo de autocalentamiento de masas orgánicas por causas biológicas está dado por los 80 °C. No obstante, a estas temperaturas se realizan reacciones químicas exotérmicas en las masas en fermentación, que favorecen el autocalentamiento de las mismas por encima de los límites biológicos, lo que sucede con las pilas de grandes dimensiones.

La adición de CaCO_3 ó Ca(OH)_2 acelera la velocidad de descomposición de los materiales orgánicos; desafortunadamente su uso conlleva la desventaja de provocar la pérdida de grandes cantidades de nitrógeno en forma de amoníaco, puesto que, como hemos visto, el pH+ ligeramente básico favorece su formación.

Las formas solubles de nitrógeno son asimiladas de inmediato en la fase termófila y las insolubles, solubilizadas en la termofilia antes de ser utilizadas por los microorganismos. Durante la fermentación se produce amoníaco por medio de la desaminación oxidativa de los aminoácidos. La mayor parte del nitrógeno sintetizado se encuentra como proteína microbiana.

Una buena idea es dar una vuelta al cómpost después de que el montón haya alcanzado la temperatura máxima óptima (60-64 °C) para que se enfríe un poco, o cuando se comience a enfriar, al disminuir la descomposición. Al disminuir la temperatura reaparecen las bacterias y los hongos mesófilos. Se lo invierte colocando la parte superior y los lados en el interior y la parte de dentro por fuera —como habíamos indicado—. Al hacerlo, hay que rociarlo con agua; así, la aereación asume dos finalidades, suministrar oxígeno y extraer el calor producido. Hemos indicado que la cantidad de oxígeno consumida depende de las temperaturas dentro de la pila directamente hasta los 70°C, pero también depende del tipo de materiales con que ésta fué construida y de su tamaño. El volteo

periódico de las pilas podría basarse en la concentración de oxígeno en su interior, pero en la práctica se determina cuando las temperaturas de las capas intermedias alcanzan los límites fijados o se exceden en su porcentaje de humedad (generalmente se considera límite máximo un 60 %) tolerable. El agua y la aereación aceleran la descomposición y si las condiciones del material lo permiten la temperatura vuelve a subir. En esta última etapa se encuentran también protozoarios, nemátodos, lombrices e insectos en el material fermentado (Mod. de Núñez, 1981; Seymour, 1980).

En términos generales, tanto para habilitar las parcelas, como para incrementar la cosecha del cultivo de la vainilla, se requieren condiciones propicias que permitan producir abono orgánico-mineral por medio del composteo de pulpa de café recién salida del beneficio, cáscara de cacao, broza resultante de los deshierbes y podas, hojarasca, o cualquier subproducto de desecho como los rastrojos de las explotaciones agrícolas, periódicos, virutas de maderas, cáscaras de huevo, cabezas de pescado, etc., y una mezcla de fertilizantes químicos: 45 kg. de urea, 35 kg. de superfosfato [Montoya (1963) recomienda el triple, mientras que Cipagauta y Sánchez (1979) recomiendan el simple], y 20 kg. de cloruro de potasio. A pesar de que las proporciones recomendadas corresponden a observaciones de muchos años y a una gran experiencia por parte de los autores mencionados, hemos de señalar que las cantidades y tipos de fertilizantes utilizados para enriquecer el cómpost especial para vainilla deban ser revalorizadas en función de estudios serios menos empíricos, basados en los requerimientos reales de la planta para fósforo y potasio y en los balances energéticos y cambios fisicoquímicos del composteo técnico, donde se conoce al menos de modo imperfecto la composición general inicial y resultante de los materiales sometidos al proceso.

En el caso del nitrógeno, Seymour (1980) ha señalado que muy raras veces es necesario recurrir a los fertilizantes de tipo químico si el proceso se realiza con cuidado. Recuérdese que Núñez (1981) indicaba que únicamente era necesario cuidar de la relación C/N manteniéndola en un valor de 30. De todos modos, una vez realizado el composteo en forma óptima, si la relación C/N del producto final no es favorable a la vainilla, se puede realizar un último volteo añadiendo cal suficiente para el

grado de desnitrificación deseado, pues como vimos la cal provoca pérdidas en forma de amoníaco. También se puede realizar un cambio de condiciones de la masa para que libere productos nitrogenados mediante una anaerobiosis temporal, pero esto complica las cosas y hace que se pierda mucho tiempo en la preparación del cómpost. Dado que la vainilla requiere también grandes cantidades de magnesio y calcio, éstos nutrientes deben estudiarse exhaustivamente para ver si es conveniente añadirlos en cierta proporción y en qué forma. El azufre, también muy importante como macronutriente, parece haber sido olvidado o relegado a un plano secundario.

Resulta curioso encontrar que siendo la vainilla un producto de enorme utilidad económica, no se hayan realizado análisis exhaustivos de la cantidad de nutrimentos que cada parte de la planta requiere, y mucho menos, se hayan realizado análisis serios de la composición fisicoquímica de las compostas con las que "por experiencia" se pretende abonarla correctamente.

Si resulta imposible construir arcones, o los existentes están todos llenos, se hace entonces el montón de cómpost al aire libre. En general se procede, siguiendo a Montoya (1963) a formar una pila piramidal truncada, con la base inferior de dos metros de ancho, la superior de un metro, la altura de dos metros más o menos y la longitud, puede ser tan grande como lo permita el terreno. Primero se forma una cama con rastrojo de maíz, paja de arroz, malas hierbas secas, ramas, ramitas y tallos, para que la pila reciba aire desde abajo. Si se dispone de materia orgánica parcialmente descompuesta procedente de otro montón se la usa para cubrir ésta capa base, cuyo grosor, dependiendo del material (por la aereación que permite), debe ser de 10 a 23 cm en total. Encima de ésta se coloca la primera capa del material orgánico por transformar. El espesor de esta segunda capa y las subsecuentes del mismo tipo de material orgánico debe ser entre 20 y 40 cm (No más de 30 cm según Seymour). A continuación se espolvorea encima de cada capa 100 gramos por metro cuadrado de la mezcla de fertilizantes antes citados. Si es posible, se puede agregar una capita de 1 cm de espesor de estiércol fresco de ganado vacuno, caballar o lanar, guano, cerda, gallinaza o palomina, e inclusive heces humanas.

Casseres (1984) y Seymour (1980) recomiendan que si no se han aplicado los fertilizantes (para ellos innecesarios), esta tercera capa de materiales ricos en nitrógeno debe tener un grosor de 5 a 10 cm, recomendando también harinas de sangre, de carne o de pescado. Encima del estiércol se coloca otra capa de material orgánico base a descomponer, otra de espolvoreo de fertilizante y otra de estiércol y así sucesivamente hasta terminar la formación de la pila, capa por capa, a la altura deseada. Casseres recomienda además, intercalar entre cada 3 capas una de 3 a 5 cm de tierra buena.

Al ir formando la pila, se clavan en las primeras capas, estacas de madera curada, una por cada metro cuadrado, cuyo diámetro puede ser de 8 a 10 cm y que tengan cuando menos 50 cm más de largo, que la altura deseada para la pila. Una vez terminada la pila, cuyos lados deben mantenerse bastante rectos o verticales al principio, para acabar luego en forma de obelisco al final, se cubre toda su superficie con unos 2 a 5 cm de tierra o arena para evitar un poco el mal olor y las moscas. Las estacas se sacan finalmente para que los huecos que dejan queden como orificios de ventilación. Casseres recomienda no sacarlos, sino removerlos en forma circular para establecer la ventilación cada vez que se requiera, y al mismo tiempo para añadir por ellos agua para humidificar cada cierto tiempo la pila. Al hacer la pila, si el material no está suficientemente húmedo se riegan todas las capas, y también al final. Si hay mucha lluvia se tapa con hojas de plátano u otro material para que ni se empape, ni se deslave. Se aplicará un riego de agua cada dos días a toda la pila, con regadera de mano o bien con manguera y chiflón graduado, suspendiendo el riego tan pronto como se produzcan escurrimientos. Es tos riegos se aplican según Montoya, durante las dos primeras semanas, después se riega solamente cuando se observa que los lados de la pila se han secado. El último riego se aplica al finalizar las dos primeras semanas para dar la primera traspaleada a la pila. Como podemos ver, en esta parte de la preparación del cómpost, la tradición está desviada de las necesidades del proceso, pues la humidificación y el primer volteo dependen, según señalamos atrás, de las temperaturas desarrolladas y del porcentaje de humedad.

Deshecha la pila inicial en el momento técnicamente adecuado, con pala u horca de tres ganchos, o bieldo, se revuelven bien todos los materiales empleados y se disponen en capas sucesivas volviendo a formar la pila en el mismo sitio o a un lado, humedeciendo hasta el grado necesario el material, sin olvidar volver a colocar las estacas como en el primer montón.

A las cuatro semanas de iniciado el proceso aerobio, se procede a dar la segunda traspaleada en igual forma que la primera, procurando no apisonar el material (Montoya, 1963).

A las 8 semanas de iniciado el proceso aerobio, se hace la tercera traspaleada, la cual ya no se riega, ni se colocan las estacas, en cambio, se apisonan las capas de la pila una por una, y la última se cubre con una capa de tierra de 10 cm de espesor al igual que los lados de la pila, ya sea con petates, costalera vieja, hojas de palma o coquito de aceite, etc.. Si fuera posible sería mejor traspalear la pila a una fosa, teniendo cuidado de ir apisonando capa por capa a fin de iniciar el proceso anaerobio. Una vez llena la fosa se cubre con tierra u otro material, durando así cuatro semanas..... En esta última parte, Montoya (1963) no da ninguna explicación de porqué realizarlo así, puesto que en estas condiciones el cómpost en lugar de beneficiarse se perjudica, puesto que se produce una intensa desnitrificación y las condiciones reductoras afectan a muchos de los nutrientes que enriquecían la mezcla, con lo cual el composteo y el esfuerzo realizado pierden parte de su significado práctico. Sólo se justificaría como método de almacenamiento si antes se le retirara una buena parte de la humedad para detener la descomposición. Si lo que sucede es que la relación C/N de 30 usualmente obtenida, es perjudicial para aplicar el cómpost directamente a las raíces de la vainilla como supusimos más atrás, la solución práctica consiste en añadir en el último volteo o traspaleada 3kg por metro cúbico de cal al material en descomposición, para que esta relación baje y la descomposición sea mejor y más rápida. Si por otro lado, lo único que se quiere es almacenar el material para su uso posterior, sin que haya perdido sus cualidades, entonces lo que hay que hacer es únicamente, como hemos señalado, deshidratarlo hasta que tenga menos de 40 % de humedad.

Según el clima del lugar, el proceso completo lleva de tres a cuatro meses. Se recomienda aplicar el abono resultante a razón de 2 kg. por cepa de vainilla (Montoya, 1963; Cipagauta y Sánchez, 1979).

LOS NUTRIMENTOS DEL SUELO

Los elementos nutritivos se encuentran dispersos en el suelo en una gran variedad de formas químicas que ocupan múltiples ubicaciones. Un determinado nutriente puede hallarse en estado cristalino, adsorbido en la superficie de un coloide (orgánico o mineral), en forma de compuesto orgánico, o también, en forma de sales. Puede estar concentrado en granos poco solubles o disperso en parte o en toda la masa del suelo. El valor nutricional del elemento en cuestión, para cualquier planta, está condicionado a su vez, por el ambiente físico-químico del suelo, el cual, permite o dificulta la transferencia entre el punto donde el nutriente está almacenado y la radícula que lo absorberá. El gran avance técnico de las ciencias del suelo en los últimos años, ha demostrado que si bien es posible intentar el establecimiento de métodos químicos estandarizados y reproducibles para la extracción de nutrientes específicos contenidos en un suelo dado, en una determinada localidad, la mayor parte de los métodos propuestos y la diversidad de las interpretaciones, prueban que todavía son necesarios muchos estudios para llevar a cabo cálculos acertados. El deseo de aquilatar la riqueza de un determinado elemento nutritivo mediante un número, parece estar así cada vez más fuera de lugar. En el ámbito particular de las ciencias agrológicas, se sabe que las plantas requieren de un flujo de alimentos constante, que depende del clima, del estado fisiológico de la planta, del ambiente físico-químico del suelo y de las labores culturales y que, para obtener rendimientos agrícolas óptimos es necesario conocer y satisfacer las demandas de la planta a cada momento ajustando este flujo a su ciclo de vida; es decir, que se requiere un conocimiento profundo de la dinámica ecológica multivariada del sistema de cada uno de los suelos en estudio, frente a cada uno de los elementos nutritivos y a lo largo, no sólo de todo el año, sino también del desarrollo y necesidades específicas de la especie cultivada (Mod. de Boulaïne, 1981).

La complejidad de los estudios mencionados se incrementa con la vainilla, puesto que se trata de una especie azoesivamente delicada, altamente evolucionada para las condiciones específicas y complejas de la competencia interespecífica dada dentro de la selva tropical y que, prácticamente, sólo vive de los componentes orgánicos complejados o relacionados con el humus y sus particulares propiedades. Posee además, microorganismos micorrizóicos específicos; hongos imperfectos del género Rhizoctonia sp. (Peña, 1985, com. para.), cuya dinámica de asociación interesa incluir aquí, en su parte conocida. (Ya hemos mencionado algunos aspectos de esta simbiosis en el capítulo previo de agricultura; véase^{Par. 71})

Las micorrizas de las orquídeas han constituido materiales favorables para la experimentación debido a la práctica comercial de hacer germinar a las semillas en un medio de agar-agar. Las semillas son extremadamente pequeñas y sólo contienen un minúsculo embrión rudimentario con pequeñas reservas de grasas. No germinan excepto si está presente el micelio estéril del hongo Rhizoctonia spp. que mantiene a las plántulas con un sistema radicular que de otro modo sería ineficiente para su alimentación. Knudson (1929) de la Universidad de Cornell, cit. por Byrd-Graf, (1978) demostró que el hongo no es absolutamente necesario para la germinación -al menos en el laboratorio- e implementó para ello una fórmula comercial que lleva su nombre. Se descubrió así, que el embrión de las orquídeas es incapaz de fabricar su propio alimento y que durante la asociación el hongo asume las funciones de la raíz. Algunos piensan que los hongos digieren los carbohidratos superiores del litter o mantillo, en azúcares solubles y que de igual modo, realizan la función de regular el pH a 5.0 o menos, creando las condiciones que se piensa son necesarias para la absorción de los mencionados azúcares, o posiblemente del hierro. Otros piensan que el verdadero beneficio para las orquídeas consiste en las vitaminas que obtienen de los hongos. De cualquier modo, nadie indica el grado de dependencia entre el hongo y la planta adulta en condiciones naturales (omisión que parece ser deliberada como ya hemos señalado). Se ha visto que las plantas pueden crecer de semilla en forma no simbiótica si se les suministra el medio de cultivo "C" de Knudson y si se regula el pH. Es importante saber que Rhizoctonia spp. se halla comúnmente en los suelos causando la

enfermedad de las plántulas (inglés: "damping-off") y la podredumbre de la raíz (ing. "root rot") en varios hospedantes vegetales y que los valores altos de pH+ le son desfavorables (Byrd-Graf, 1978; Alexopoulos, 1979; y Daubemire, 1979).

Pero es muy diferente el crecimiento de una vainilla en un ambiente artificial de laboratorio, estéril y estable, con todos los suplementos minerales y orgánicos básicos, homogéneamente distribuidos, que las dinámicas y complejas condiciones que se dan en el suelo, en la selva, en la plantación. En este marco, aún es necesario señalar que el ambiente "natural" del suelo debe mantenerse favorable al desarrollo de la asociación y probablemente, cuando se conozcan las condiciones específicas requeridas, se verá que los umbrales de desarrollo de los hongos patógenos estarán relativamente cercanos o incluso traslapados al del hongo micorrízico en cuestión, lo que fitopatológicamente es importante, porque muchas enfermedades fúngicas podrían preverse, observando la estabilidad de algunas variables sencillas.

Además de las micorrizas, otro indicador interesante cuando se desea conocer qué nutrientes, y en qué cantidad, requiere la vainilla y que nadie ha considerado, es el hecho de que una floración óptima depende de la presencia de ciertas "presiones ecológicas disparadoras" que activan los mecanismos hormonales necesarios. Usualmente, la floración se dispara después del invierno, creyendo algunos autores que ello se debe a un periodo de reposo dado por bajas temperaturas (En la sección de climas, más adelante, veremos que al parecer este argumento pasa a un plano secundario). Se dice entonces, que la floración se dispara después de la temporada de sequía, lo que implica una respuesta específica en la disponibilidad relativa de algunos nutrientes del suelo, cuyos "valores" deben "salir o entrar en un óptimo" o mostrar alguna fluctuación en ausencia de la cual la floración simplemente no se produce. Lo mismo se aplica a cualquier otra parte del ciclo de vida de la planta, lo que significa que las combinaciones y valores óptimos de los nutrientes del suelo, cambian en cada etapa, de acuerdo con la "Ley de la Relatividad Ecológica" de Mitscherlich-Lundegård (1957) cit. por Braun-Blanquet (1979):

"El efecto relativo de un factor es tanto mayor cuanto más cerca del mínimo se encuentre este factor en relación con los demás. La acción relativa desciende continuamente al aumentar la intensidad del factor y se aproxima al valor nulo cuando el factor se halla en la zona de máximo"

Debiéndose entender que la zona de máximo para cualquier nutrimento, está por debajo de su umbral de toxicidad (en este caso deben considerarse conjuntamente los umbrales de toxicidad tanto para la vainilla, como para las especies con las que se le asocie).

En condiciones húmedas, las bases lavadas o asimiladas por la vegetación del vainillal, sólo se recuperan a través de la descomposición de la hojarasca y el abono orgánico-mineral (cómpost); y sólo en parte a través de la meteorización de los minerales del suelo. Esto indica, que el cómpost aplicado debe tener como condiciones; el no acidificar demasiado el ambiente del suelo al descomponerse y al mismo tiempo, debe estar enriquecido en bases intercambiables. De lo contrario, se produce un enriquecimiento de iones H^+ en la zona de la raíz, lo que culmina en un proceso de acidificación-desbasificación constante de la parte superior del suelo. Así, el intercambio de bases sufre una modificación profunda que consecuentemente altera las condiciones físico-químicas del suelo y cuyo efecto nocivo se refleja en la desnutrición de la vegetación. Por ello no debe usarse humus bruto. El enriquecimiento en humus bruto, unido a la lixiviación de los grandes aguaceros tropicales, transforma el suelo en moderadamente ácido. El proceso es indiscutible y particularmente intenso en los suelos húmicos húmedos carbonatados de los vainillales y es más intenso aún, si el substrato es calcáreo y hay erosión vertical (Mod. de Braun-Blanquet, 1979).

El ajuste relativo del pH^+ es decisivo para la vitalidad de los hongos de las micorrizas asociadas a la raíz de la vainilla, y por ello, también para la propia vainilla. Al parecer, algunas especies micorrícicas producen daños intensos a su hospedante cuando el pH es de 8.0, pudiéndose considerarse patógenas en cierto sentido. A pH de 7.2 los daños son débiles, y a pH de 6.8 casi nulos. Posteriormente, al ir bajando el valor, viene el intervalo de pH óptimo para la asociación simbiótica, que varía, subiendo o bajando, de acuerdo con la disponibilidad de bases intercambiables en el

complejo adsorbente accesible a las raíces y también, en función de la actividad biológica desarrollada por la microflora de la rizósfera (y áreas del suelo circunvecinas). Cuando el pH baja entre 5.2 y 5.0 el hongo simbiote desaparece (ya no es necesario para la asimilación). Esto queda demostrado porque casi todas las orquídeas (y la vainilla teóricamente también), crecen bien dentro de este intervalo de pH, en ausencia total de simbiosis radicular, en un medio nutritivo de laboratorio que contenga los nutrimentos adecuados. Observemos ahora lo que nos permiten conocer los datos de los vainillales estudiados por Hernández (1981)^{Fig. 60}.

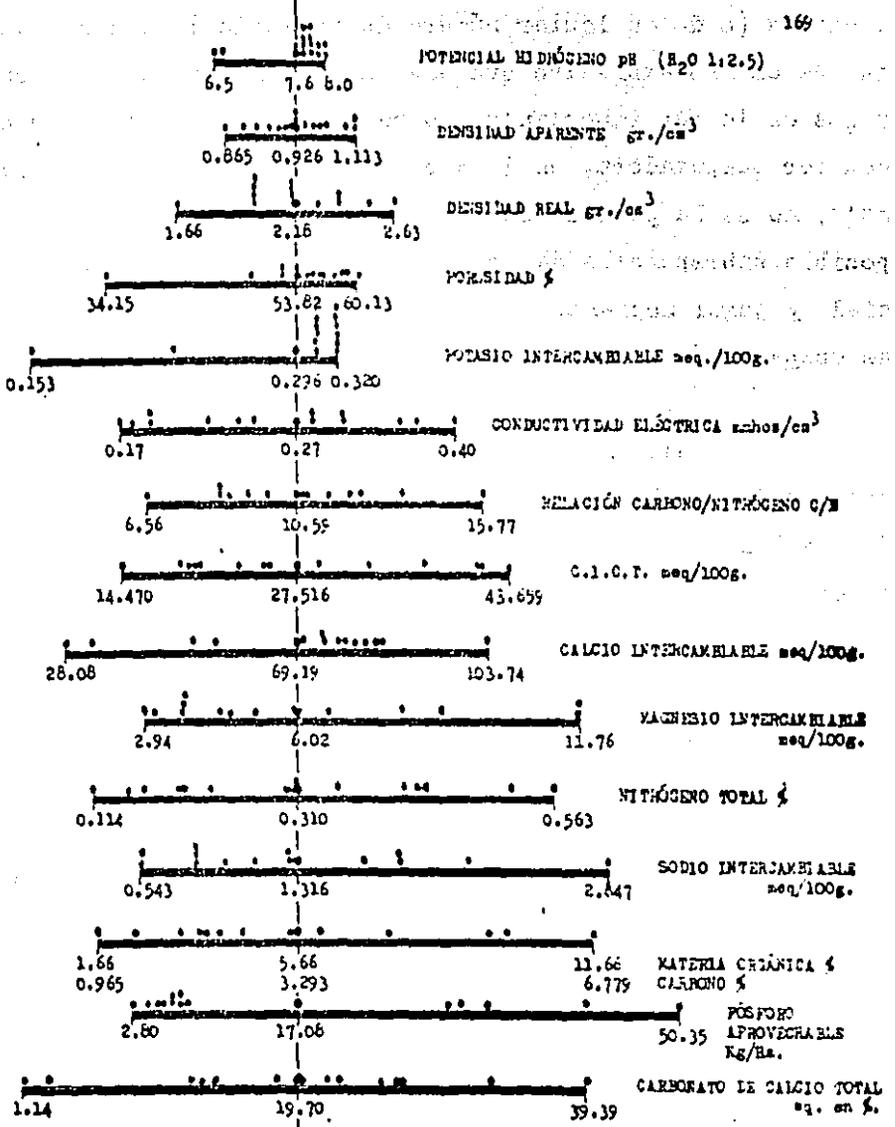
Figs. 17 y 59

El modelo gráfico que presentamos, fué construido con la intención de aclarar, hasta donde fuese posible, los valores óptimos para algunos nutrimentos y algunas características físicas de los suelos vainilleros del norte de Veracruz, aprovechando los análisis que aportó el trabajo de campo y laboratorio de ésta autora, que reportó detalladamente valores típicos con el empleo de técnicas bastante apropiadas, pero que no realizó un análisis sintético adecuado para sacar conclusiones rigurosas de los datos obtenidos como conjunto.

Los valores, colocados en una tabla general, fueron normalizados para cada una de las variables anotadas, haciendo el valor máximo de cada una de ellas igual a 100 %, de tal manera que al colocarlos en un sistema de vectores subsecuentes, cada una de las variables fuese gráficamente proporcional a las otras, variando de 0 a 100 %. Se clasificó el margen de variación en jerarquías subsecuentes de menor a mayor y por último, se movió cada uno de los sistemas de escalas o ejes, para que todos ellos ajustaran a una línea vertical que los cruza perpendicularmente y que, representa el valor promedio de cada variable independientemente considerada. Finalmente, los valores máximos y mínimos de cada eje, que limitan cada eje por sus extremos y que se hallaban expresados en porcentaje, fueron cambiados por sus valores reales iniciales, colocandose todos y cada uno en el eje que representa a cada variable, lo que brinda una excelente visión comparativa de conjunto, cualitativamente similar a lo que se logra en el análisis de factores; un sistema gráfico único que expresa una matriz de datos multidimensional en forma comprensible.

FIGURA 12

MODELO GRAFICO PARA VALORES OPTIMOS DE NUTRIENTOS Y CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS VALENTEÑOS



Como puede observarse se trata sólomente de un ejercicio tautológico sencillo que ni modifica ni distorsiona las variables y con el cual, puede visualizarse el sistema general de variación de los suelos estudiados (o de cualquier número de variables) con dos ventajas, en primera que es más expresivo que una tabla numérica convencional ^{Fig. 40} y en segunda, y que es lo más importante, no requiere de cálculos costosos y sofisticados por computadora, en lo que aventaja al análisis de factores. Como remate, no se ha perdido la más mínima cantidad de información y además es posible sobreponerle datos de otros suelos no incluidos en el sistema inicial y jugar mediante la lógica con la posición de las escalas para fines de comparación diversos. Pasamos ahora al análisis:

Retomando el tema del pH, podemos observar ^{Fig. 17 y 39} que los valores encontrados en los suelos vainilleros varían desde 6.5 hasta 8.0. De acuerdo con las observaciones que ya hemos considerado sobre las micorrizas, podemos ver que todos los suelos agrupados en el área de valores iguales o superiores al valor medio, tendrían una buena dotación potencial de bases intercambiables, al menos desde un punto de vista relativo, pero que también se encuentran en una zona de valores de pH favorables al daño fúngico de la raíz, no sólo del hongo simbiote, sino también de algunos hongos patógenos que se disparan en estas condiciones. Habría que experimentar si un cambio ligero -artificial- del pH es capaz de regular la presencia de hongos patógenos, lo que evitaría el gasto constante en fungicidas!. Sólo dos suelos, en la zona de valores mínimos, serían óptimos para una relación simbiótica normal, pero ¿tienen una reserva de bases y una capacidad de intercambio suficientes?. Por lo pronto, lo que es obvio, es que el valor general de pH no nos dice gran cosa en este caso porque la presencia de la rizósfera en un primer plano de alteración biológica y la de los hongos simbiotes, mucho más determinante, otorgan la capacidad de realizar cambios bruscos reguladores del pH en el área de influencia de la raíz, aún cuando el suelo presentase diferentes valores "perjudiciales". En este marco, el utilizar al pH como método de evaluación general es insuficiente, vemos que se vuelve un problema de microecología que requiere mediciones más localizadas y precisas si se quieren conclusiones coherentes.

De acuerdo con los conocimientos actuales, los nutrimentos de las plantas son los siguientes:

Macronutrimentos: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), y magnesio (Mg).

Micronutrimentos: 6 elementos menores, ó elementos traza: hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), boro (B), sodio (Na), cloro (Cl), silicio (Si), y cobalto (Co) (Braun-Blanquet, 1979).

La mayor parte del C, se toma en forma de CO_2 del aire y pequeñas cantidades también en forma de compuestos orgánicos del suelo. K y S se toman como sulfatos y nitratos, o bien amonio. fósforo, boro y silicio se absorben igualmente como aniones ácidos complejos; en las plantas establecen sobre todo enlaces éster con moléculas orgánicas. Potasio, sodio, magnesio y calcio se incorporan como simples cationes utilizándose sobre todo en la neutralización de los ácidos orgánicos, como reguladores de la presión osmótica del jugo celular y con ello de la turgencia, así como reguladores del grado de hidratación de los tejidos. Aparte de esto el Mg, es un componente de la clorofila. hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cobalto se toman como simples cationes o como quelatos y el Mo como ión molibdato. Los metales pesados son principalmente componentes de las enzimas (Braun-Blanquet, 1979).

Para la nutrición de las plantas, las leyes del intercambio iónico se pueden deducir de sustancias modelo sencillas. Los iones monovalentes (Na^+ , K^+ , NH_4^+) se fijan más débilmente que los bivalentes (Mg^{2+} , Ca^{2+}) al complejo adsorbente y por ello son desplazados por éstos últimos; por su parte, los iones bivalentes se fijan más débilmente que los trivalentes (Al^{3+}). Dentro de un mismo grupo de la tabla periódica (columna) los iones menores (arriba), y por lo tanto más hidratados, son los que se adsorben más débilmente (Li^+ , Na^+ , K^+). La composición del complejo de intercambio depende además de la concentración de cada ión en la disolución circundante y de la afinidad específica de los iones por los grupos activos del intercambiador. También es importante la estructura de este último.

La suma de iones intercambiables se denomina capacidad de intercambio y se expresa en miliequivalentes/gramo, o meq/100 g. Según su

dispersión y estructura, los intercambiadores tienen una capacidad de intercambio diferente. Una arcilla caolínica puede tener, por ejemplo, 10meq/100g, una arcilla montmorillonítica 100meq/100g, y un humus 500meq/100g, tratándose en los tres casos de la capacidad de intercambio catiónico. Junto a ella, el humus muestra también un cierto intercambio aniónico. Las capacidades de intercambio más altas se presentan en zonas volcánicas donde el complejo adsorbente húmico-arcilloso está además combinado con un recubrimiento de geles de sesquióxidos y ácido silícico amorfos, que recubren a los minerales y se llaman alofanos (Braun-Blanquet, 1979).

Al observar los valores de la C.I.C.T. de los suelos vainilleros, encontramos que ésta fluctúa entre 14.470 y 43.659 meq/100g. Valores que si bien son de moderados a altos para un suelo mineral, son en cambio inferiores a los que pueden esperarse de un humus. Estos resultados, pueden deberse al hecho de que gran parte de la materia orgánica de las muestras haya sido retenida al tamizarlas al seguir el procedimiento "normal" de análisis de suelos, o a que la tasa de humus de las localidades muestreadas no está siendo suficientemente compensada con abono orgánico-mineral y, por lo tanto, la producción de vainilla esperable de todas ellas —observando el problema desde un punto de vista bastante amplio— es inferior a la que realmente se podría obtener. Realmente es posible incrementar la C.I.-C.T. de todos estos suelos, sobre todo considerando que muchos de ellos tienen origen volcánico y pueden tener alofanos. Todo esto indica la conveniencia de añadir un poco de tierra natural a la preparación del cómpost.

Siguiendo las reglas del intercambio iónico, una adición fuerte de Ca^{2+} por encalado, conduce a una expulsión de los iones K^+ , NH_4^+ y Mg^{2+} . Estos se solubilizan y se absorben fácilmente por las raíces, pero también pueden lavarse con facilidad, con lo que aparecen síntomas de deficiencia. Los valores de calcio intercambiable de los suelos estudiados varían desde 28.08 hasta 103.74 meq/100g y cuando se correlacionan con los valores de magnesio intercambiable, que van de 2.94 a 11.76 meq/100g se obtiene una correlación negativa o inversamente proporcional, de -0.72 por lo que efectivamente puede decirse que su presencia en el suelo los hace antagónicos ó dicho de otro modo, inversamente proporcionales. Se

requiere por lo tanto, dado que ambos nutrimentos son importantísimos para la vainilla —como ya vimos—, estudiar con detenimiento los intervalos de valores en que ambos presenten, a pesar de su antagonismo, la proporción de valores meq/100g más idónea para la vainilla, de tal modo que al realizar un análisis de ellos, se sepa claramente cual hay que añadir y en qué proporción es éste último posible sin afectar al otro, buscando un "justo medio" que además depende de la etapa del ciclo de vida de la planta. En este caso, especialmente para desarrollo vegetativo y fructificación. Por otro lado, los valores del magnesio (ya mencionados) y los del potasio, de 0.153 hasta 0.320 meq/100g son directamente proporcionales con una correlación débil de 0.36 lo que implica que su interrelación depende de muchos otros factores. Es un hecho interesante que el calcio —en las proporciones encontradas en éstos suelos—, no presente ninguna correlación negativa significativa con el contenido de potasio, por lo que contrariamente a lo que cabría esperar, en estos suelos no parecen estarse antagonizando. Esto es muy significativo y requiere un estudio mucho más profundo para ver si se debe a una cualidad del humus artificial allí aplicado, o para poder sacar otra conclusión. Por otra parte, se sabe que un suministro de iones K^+ abundantes, por un abonado líquido excesivo, conduce a que el suelo se sature preferentemente de este ion y se empobrezca en los demás nutrientes. Es muy importante, por tanto, cuidar bien las proporciones de abonos potásicos aplicados, tanto en forma mineral, cómo en forma de cómpost. Como se vé, no existen todavía suficientes elementos de juicio para establecer intervalos óptimos para ningún nutriente, porque si se logra aumentar la capacidad de intercambio, todos los valores aumentarían. Ello no significa de todas maneras que no se pueda alcanzar el objetivo de una combinación de proporciones ideal, pero para lograrlo, se requieren análisis más frecuentes asociados a los cambios fisiológicos específicos que impone el ciclo de vida de la vainilla y a los cambios climáticos que lo rigen.

Preferentemente, los aportes de nutrimentos al suelo en el caso de la vainilla, deberían además, estar fundamentados en el análisis foliar, según se van desarrollando las diversas partes de la planta.

Si en el material parental del suelo existen elementos calcáreos, basta por lo general con añadir al cómpost durante su preparación,

unas paletadas de tierra con gravilla y el calcio activo se liberará durante el proceso. Buenos indicadores de la presencia de aportes de calcio intercambiable suficiente, suelen ser los cascarones de moluscos gasterópodos (Helicidos) y una presencia abundante de lombrices de tierra.

Hernández (1981) indica que los contenidos de nitrógeno y fósforo (0.114 a 0.563 % y 2.80 a 50.35 Kg/Ha respectivamente) son bajos. Si recordamos que durante la preparación convencional y tradicional del abono orgánico-mineral, se favorece la desnitrificación por un proceso anaerobio, al final, aparentemente injustificado como señalamos en su oportunidad, nos damos cuenta cada vez más que la parte terminal de dicho método no tiene sentido. Por lo que respecta al fósforo, tal vez sea preferible añadir una pequeña proporción de fertilizante fosfatado al cómpost una vez que se ha terminado su preparación. Pero las proporciones ideales y la forma química a aplicar deben ser investigadas todavía.

La fórmula nutritiva "C" de Knudson³, básica para la mayor parte de las orquídeas, tiene los siguientes ingredientes y composición, pero es plenamente artificial; no se ha investigado una fórmula fertilizante similar, en presencia del hongo simbionte de la raíz. De todos modos es útil conocerla:

Agua destilada	1000.00	ml
Nitrato de calcio	1.00	g
Fosfato monobásico de potasio	0.25	g
Sulfato de magnesio	0.25	g
Sulfato de amonio	0.50	g
Sucrosa (azúcar)	20.00	g
Sulfato ferroso	0.025	g
Sulfato de manganeso	0.0075	g
Agar-agar simple	15.00	g

Ajuste de pH a 5.0 - 5.2 con ácido clorhídrico 1/10 N. si resulta alcalina, ó con hidróxido de sodio o de potasio 1/10 N. en caso de resultar ácida." (Byrd-Graf, 1978).

Aún realizando la transferencia de las cantidades de la fórmula "C" a meq/100g no tendríamos una formulación ideal porque la dinámica del sistema del suelo con sus micorrizas, altera y cambia todo el siste-

ma de proporciones de nutrimentos y su disponibilidad. Resalta además el hecho de que este medio está idealizado para el género Cattleya y no para vainilla. Si se investigan las proporciones ideales para la vainilla en el laboratorio, considerando todos los nutrientes requeridos, se estará más cerca de la fórmula ideal para el laboratorio. Y de hecho, existen ya algunos medios diferentes para la propagación de clones de vainilla en laboratorio, aunque no se han superado todos los problemas que su utilización implica para la adaptación posterior y crecimiento normal de las plantas así reproducidas en el campo. Realizado este trabajo, también en el análisis foliar, se podría cultivar hidropónicamente la vainilla utilizando un substrato fijador estéril. Tal vez algunos, o todos los componentes de estas fórmulas, una vez logradas, permitirían elaborar un spray foliar ideal que complementara la nutrición obtenida por la planta de los nutrimentos del suelo (natural o artificial) y éste, podría usarse en las plantaciones, pero hace falta realizar todavía un análisis de costos para ver si la hidroponia resulta competitiva en el mercado, frente a la producción de los países con clima ideal.

De cualquier manera, en estos momentos y dado la importancia económica del cultivo, se impone investigar las necesidades nutricias de la planta mediante hidropónica, primero con esterilidad absoluta y controles de laboratorio, después con las micorrizas y posteriormente, los resultados se compararían con las condiciones del campo, induciendo primero cambios esperables del ciclo de vida mediante la alteración de parámetros físicos, luego químicos, y luego en forma global, con apoyo del análisis multivariado. El resultado final podría ser la producción continua!

Entendiéndose ahora que el conocimiento de la fertilización de la vainilla está todavía lejos de los alcances de una racionalización que -cuando menos- permita idealizar las proporciones de nutrimentos exactas que deben añadirse, lo que puede hacerse, es observar óptimos relativos colocados en intervalos y valores estándar, dentro de los cuales deben moverse presumiblemente las acciones de formulación de abonos y/o fertilizantes a aplicar.

Así, deben respetarse las siguientes reglas dadas por Boulaine, 1981:

- a) aportar primeramente lo más deficitario;
- b) con dosis y composición equilibradas;
- c) estercolado (en este caso con cómpost especial) de fondo para recuperar la fertilidad; y
- d) al restituir las cantidades perdidas, considerar cada año por cosecha, lixiviación, retrogradación, destrucción, erosión, etc. etc.

Estas reglas se basan en "Leyes Ecológicas" aplicadas a la fertilización como la "Ley de los rendimientos decrecientes" de Mitscherlich, que indica que:

"Cuando a un suelo se le aportan cantidades crecientes de elementos fertilizantes, los excedentes de producción obtenidos son cada vez más escasos"

Y la "Ley del óptimo de concentración nutritiva" de G. Bertrand, que dice:

"Cada elemento nutritivo ejerce en la alimentación de la planta el efecto máximo para una concentración óptima, más acá de la cual existe carencia y más allá toxicidad"

Los adelantos actuales de las ciencias agrológicas consisten sólo, en una mayor precisión de cálculo que permite moverse dentro de "márgenes de seguridad" al preveer, antes de cualquier aportación de nutrientes el comportamiento dinámico a que van a verse sujetos todos los demás que ya están presentes en el suelo.

Considerando esta dinámica sólo en su aspecto incipiente, una descripción de lo que sucede en el suelo de los vainillales, puede verse en el sistema de variables previamente descrito en el diagrama que construimos, al cual se han añadido notas que facilitan su interpretación (véase en la sección de diagramas sintéticos más adelante). Y debe considerarse, que se trata sólo de un sistema de referencia con el que cada productor puede ir incluyendo sus valoraciones personales de nutrientes, de su propia plantación. La interpretación del conjunto obtenido se enriquecerá en función de la experiencia y ésta, puede invalidar o modificar la forma del esquema.

Finalmente, del análisis de los vainillales realizado por nosotros a partir de los datos proporcionados por Hernández ^{Fig. 60} (1981) podemos inferir casi sin ninguna dificultad, que el más importante volumen de los suelos analizados, pertenece a sistemas de cultivo más tradicionales que tecnológicamente organizados y en consecuencia, es evidente que trabajan con técnicas de cultivo inadecuadas y no añaden *cómpost* al suelo, o bien, no lo saben preparar ni aplicar, ya que sus rendimientos son muy bajos y la fertilidad de sus suelos deja mucho que desear, a pesar de existir los medios técnicos para que los rendimientos aumenten en forma considerable. Otro tanto se puede decir de los productores "altamente tecnificados" pues no existen indicios suficientes que demuestren que los métodos que están empleando son en su totalidad adecuados, ni que se justifique plenamente la inversión realizada, basta para ello recordar que los rendimientos de Madagascar, son impresionantemente superiores a los logrados en México.

El estudio del clima, que vamos a exponer más adelante, otorgará a estas observaciones una más profunda y adecuada significación: el suelo no puede ser considerado en forma aislada!

CAPÍTULO OCTAVO

CLIMATOLOGÍA APLICADA A LA ECOLOGÍA DE LA VAINILLA

CLIMATOLOGIA APLICADA A LA ECOLOGIA DE LA VAINILLA/ ASPECTOS BASICOS

Si bien resulta cierto que las clasificaciones climatológicas actuales más conocidas (Köppen, De Martonne, Thornthwaite, etc.), han sido construídas para sistematizar los datos proporcionados por la compleja dinámica observada en los registros meteorológicos, también es cierto, que por la necesidad metodológica implicada en esa sistematización, se han utilizado estimadores estadísticos, que sin ser totalmente certeros, han facilitado -no obstante-, la interpretación de los climas que con determinadas variantes han definido los diferentes autores. También por ello se ha hecho posible comparar en gran escala y a nivel mundial los diversos climas así obtenidos entre sí. Empero, realizado esto se ha creído erróneamente que una clasificación climática dada, hacía factible que las áreas de climas obtenidas pudiesen ser utilizadas "en general", según un muy relativo concepto de "grado de ajuste" (a la radiación global que recibe la tierra, a la temperatura y/o la precipitación, a la "vegetación", la humedad, horas luz, etc. etc.) para definir y jerarquizar también, el manejo de las diferentes zonas agrícolas o tan sólo su descripción. Sin embargo, se ha olvidado que en la misma forma de tratar los datos, con un determinado enfoque, o con la preponderancia de un criterio teórico específico, se recurrió a la simplificación, por lo que la "realidad de casos puntuales", puede ser ecológicamente cuestionable en cualquier generalización posterior! En ocasiones, la "pérdida de la realidad" en los procesos empleados es tan grande, que la verdad -o si se quiere la especificidad ecológica del clima- se vuelve intangible o se falsea por las características matemáticas de los procedimientos empleados. Esto puede observarse fácilmente porque casi ningún cultivo, es más, casi ninguna planta, se encuentra encasillada con exactitud dentro del área estricta de una fórmula climática cualquiera, de cualquier clasificación aplicada a la cartografía. Es más, cuando el ajuste se da, es relativo, heterogéneo y generalmente limitado a un área pequeña. El método climático De Fina, ^{PAL. 226} es una muestra patente de esta situación, pues para una fórmula climática dada, se encuentran varios cultivos y tipos de vegetación y muchas veces, una sola especie se ubica en áreas definidas por fórmulas distintas. Más aún, áreas con fórmulas idénticas presentan una marcada variabilidad ecológica que se debe a factores externos al método, que inclusive pueden restringir la factibilidad de que la especie mencionada se localice ahí.

871

En estas condiciones, sería lógico pensar que para conocer el clima, y el área de distribución específica de una planta o cultivo cualquiera, sería necesario que el área del clima estadísticamente definida por el método climatológico de clasificación empleado, coincidiese exactamente con el área de dispersión de la especie estudiada. Llegados a este punto, será necesario que el lector nos haga por el momento la concesión de "creer" que la ubicación geográfica de una especie dada, está determinada "únicamente" por el clima. Esto nos lleva en conclusión a creer que no habría que elaborar, para cada cultivo y/o planta, un método propio de clasificación climática autoecológica, lo que resulta demasiado laborioso e innecesario. El origen de lo que se ha dado en llamar meso- y microclima, radica en gran parte en un acercamiento parcialmente consciente, que pretende satisfacer la necesidad humana de este ajuste: área de dispersión de clima, y nos permite comprender también el gran acercamiento existente entre la climatología y la ecología. El nacimiento de disciplinas como la agroecología nos muestra finalmente que ambas ciencias están buscando lo mismo por diferente camino.

Ahora bien, aún dentro de este punto de vista tan estricto y -por necesidad- restringido, resultaría inútil calificar a una clasificación climática dada como "mejor" o "peor" que otra, aun cuando en su aplicación a un cultivo en especial, deban ser consideradas con precaución. Decimos esto porque en estas condiciones resulta fácil pretender invalidar el esfuerzo realizado en la concepción científica de cada una de las clasificaciones, en tanto se desajusten a la distribución geográfica sobre el terreno, del cultivo que nos ocupe. Así, lo que resulta significativo es que la "no coincidencia", cuando se comparan unas con otras, permite cualificarlas y restringirlas entre sí. Veremos adelante, para el caso particular de la vainilla, cómo es esto factible, con la ventaja de que se obtienen las variables que determinan la distribución geográfico-ecológica de la vainilla y al mismo tiempo, gradientes de combinaciones de variables que permiten comprender las condiciones de su existencia en uno u otro lugar. Es más, veremos que aún es posible enunciar "gradientes de calidad sobre el terreno" en cuanto los diferentes cambios que sufren las variables al variar la posición geográfica, favorecen o perjudican determinados aspectos -básicamente fisiológicos- de nuestro cultivo, permitiéndonos saber -por último- algunas de las compensaciones

agrícolas, a las cuales podemos recurrir, para cubrir las deficiencias ambientales implicadas en el desajuste del área geográfica ideal, y su costo económico relativo, cada vez más alto tanto mayor es dicho desajuste.

La gran variabilidad de criterios que se ha empleado en elaborar las diferentes clasificaciones climáticas, nos permite adaptarlas y seleccionarlas, mediante ciertas precauciones empíricas, dadas por la fisiología específica de la planta, para encontrar el área agrícola ideal y las secundarias de cualquier cultivo, inclusive en relación con el costo-beneficio de su implantación o existencia en una localidad dada. Basta para ello el construir transectos a escala, y tablas estadísticas, donde las variables empleadas para la elaboración de cada tipo de clima, de los diferentes autores, y aún sus fórmulas climáticas "per se", se comparen, todas contra todas entre sí, pero en relación con su ubicación geográfica sobre el terreno y las áreas donde se halla el cultivo a analizar. Para esto, se ha intentado por ejemplo elaborar complejos sistemas de "Cartografía Sinóptica" (Véase Dirección general de Agricultura, 1982), cuya comprensión requiere una familiaridad poco común en el uso de mapas de todo tipo, lo que limita en gran medida su aplicación al agro. Por otro lado, las técnicas y métodos computacionales multivariados más modernos resultan aún parciales, es más, durante mucho tiempo se creyó que aprehender y sistematizar un número de variables muy grande entre sí, era un "imposible matemático", especialmente si éstas eran cualitativas y discontinuas, como frecuentemente ocurre en ecología. Sólo recientemente, técnicas como el "Análisis de Factores o Componentes Principales", o el "Análisis de Correspondencias", entre otras (Véase: Matteucci & Colma, 1982; Jeffers, 1978; Conesa y Col. 1975; Gordillo, 1981; Puig, 1976) han permitido un acercamiento a este objetivo, pero sólo en condiciones ideales. A partir de todo esto, nosotros hemos encontrado un método gráfico ^{FIGS. 61 Y 62} que permite racionalizar dichas mezclas de variables y alcanzar el objetivo de sistematización y definición de áreas propuesto, método que no necesariamente requiere de cálculos por computadora (aunque puede recurrirse a ellos como auxiliares), pues éstos, las más de las veces pueden hacerse gráficamente, con una calculadora de bolsillo relativamente sofisticada y ello no impide en algunos casos, a pesar de que los resultados que se obtienen son básicamente cualitativos, fijar intervalos estrechos y valores específicos para una determinada variable

fundamental para la presencia geográfica idónea de nuestro cultivo. Lo más importante, es que el manejo de los datos termina por encasillar a la planta en cuestión dentro de áreas específicas que ahora sí quedan claramente definidas, y además, permite reducir notablemente el número de factores básicos a considerar posteriormente en cualquier evaluación económica, de donde resulta que la comparación es en sí misma la que se otorga su propia "coherencia interna" y su propia "significación ecológica", puesto que los diferentes valores de las variables sólo se ajustan dentro de intervalos específicos a las áreas de distribución del cultivo dentro de los transectos a escala, y además, cualquier variable que presente valores empíricos falsos, o mal establecidos, resulta incoherente dentro del sistema gráfico y puede ser eliminada con un simple análisis visual del conjunto. ^{FIG. 5. 61 Y 62}

El hecho de elaborar esta tesis con respecto a la vainilla, complicó en gran medida los alcances del método, puesto que la planta es extremadamente compleja y detallista en sus relaciones ecológicas, y las condiciones climáticas que le son ideales ya no están presentes en nuestro país, como antaño, aunque siguen estándolo en Madagascar, principal productor del mundo. Y lo más interesante radica en el hecho de que fue el desarrollo de la metodología empleada, ^{FIG. 10; PAL. 243; FIG. 44 Y 47} el que permitió que nos percatáramos de tal situación, ^{FIG. 15} y al mismo tiempo, del grave cambio climatológico que la deforestación está provocando en las que fueron las áreas ideales para la vainilla en México. ^{FIG. 35 Y 36} Bástenos con observar lo restringido que se encuentra el cultivo actualmente con relación al pasado en México. ^{Pág. 24} El lector podrá percatarse así, de la complejidad de las relaciones ecológicas que fue necesario evaluar para obtener resultados significativos a lo largo de la elaboración de esta tesis y observará también que la vainilla nos otorga una magistral e impresionante lección de ecología.

En este contexto, cualquier variable sometida al análisis se considera "ecológica", por lo que tiene como características teóricas el poder de ser excepcionalmente discontinua, saltada en sus valores, a veces inconclusa en algún punto y las más de las veces, poco predecible con estadística gaussiana clásica. Suele manifestarse por intervalos saltados, con zonas óptimas y otras de relativa estabilidad y generalmente, al rela-

cionarse con otras, se otorgan -todas entre sí- su propia "coherencia interna" aplicadas a la explicación del objeto de estudio. En consecuencia, muchas veces la lógica de los fenómenos implicados en una determinada explicación, solo es discernible por la visión racionalizada del conjunto. Los sistemas de variables así caracterizadas, siguen en sus interrelaciones la "Ley de la Relatividad Ecológica", enunciada por Mitscherlich-Lundegård (Cit. por Braun-Blanquet, 1979): "El efecto relativo de un factor es tanto mayor cuanto más cerca del mínimo se encuentre este factor en relación con los demás. La acción relativa desciende continuamente al aumentar la intensidad del factor y se aproxima al valor nulo cuando el factor se halla en la zona de máximo" (1957).

Por último, hemos de establecer que para nosotros:

"Las clasificaciones climáticas sólo tienen carácter temporal en su aplicación cartográfica".

NOTA: En adelante, todas y cada una de las clasificaciones climatológicas que se aplican a esta tesis, los métodos relacionados con ellas, o los estudios meteorológicos especiales que se muestran, han sido consultados y elaborados matemáticamente de acuerdo a fuentes bibliográficas originales (cuando no se hallaron éstas, se recurrió al análisis de contradicción de textos posteriores que mencionan los métodos a seguir). En consecuencia, no se incluyen en el texto, más que en casos especiales, los métodos matemáticos seguidos, programas de calculadora, ni tabulaciones de datos. Asimismo, tampoco incluimos datos climáticos básicos que pueden hallarse en las fuentes, siempre oportunamente mencionadas a lo largo del texto. Para cualquier verificación -acaso innecesaria- hemos tabulado al final de cada uno de los métodos o clasificaciones empleados, los datos resultantes de mayor importancia, o los hemos graficado.

CLIMATOLOGÍA DE LA VAINILLA (Vanilla planifolia Andr.)

Si se considera la localización y densidad de estaciones meteorológicas que existen y han operado —algunas por más de 30 años— en la zona vainillera más importante de México, al norte del Estado de Veracruz, (Véase "Atlas Nacional del Medio Físico" DGGTUAL, 1981; SARH, 1976; y Secretaría de la Presidencia, 1970), no parece aventurado afirmar que todo lo que se ha dicho con respecto a los límites y óptimos climáticos de la vainilla, se ha basado más en afirmaciones subjetivas, criterios parciales o experiencias locales necesariamente limitadas, que en la verdadera distribución geográfica de la planta, tanto natural como cultivada, y su relación con la información meteorológica hasta hoy recabada en las estaciones con que se cuenta, por lo que, por principio, y después de considerar las numerosas limitaciones de la información previa que existe sobre el tema, nos vemos obligados a tomarla como parcial e incompleta.

Aun cuando después de 1970, algunos autores han escrito acerca de este cultivo, basándose en los datos de algunas estaciones meteorológicas locales, no ha existido un criterio congruente que permita hablar de una correcta aplicación de la climatología a la descripción y fundamentación de los aspectos agrológicos del cultivo de manera integral. Menos aún se ha relacionado la producción en calidad y cantidad —económicamente hablando—, con respecto a la climatología, a pesar de que la vainilla fué, y tal vez podría ser todavía, una importante fuente de divisas. Nadie ha logrado explicar, pese a la gran cantidad de información disponible, la verdadera ecología del recurso con objetividad, tal y como lo merece su participación en el mercado internacional de divisas.

Uno de los hechos más interesantes a este respecto, es que exista en México un reglamento que pretende legislar acerca de una fecha fija de cosecha (Véase por ejemplo Herrerías, 1980). No dudamos que existen ciertas causas de tipo político y de sentido común que han justificado su existencia, pero además de que sólo relativamente se respeta, la amplitud relativa de las variaciones climatológicas dentro del área de dispersión típica del cultivo, hace pensar "a priori", que el ciclo biológico de la planta se halla adaptado

a éstas en cada localidad en particular, y que por lo tanto, las fechas de maduración del producto deben ser necesariamente extemporáneas entre sí. Biológicamente al menos, no se deben regular fechas de corte o de labores agrícolas específicos para ningún cultivo, si no se conoce la fenología de los procesos en los cuales se quiere incidir, y mucho menos, si esta fenología no ha sido estudiada rigurosamente ni llevada a la cartografía (al respecto véase; García & García, 1976).

Puede observarse que antes de 1970 existían en la zona vainillera del Norte de Veracruz, muy pocas estaciones meteorológicas como para que uno pudiese permitirse una evaluación suficientemente detallada de su climatología particular. No obstante, posteriormente el número de estaciones se ha incrementado considerablemente, sin que el progreso técnico relativo que esto representa, parezca haber tenido algún efecto sobre la propagación racionalizada del cultivo.

Otro aspecto importante de esta problemática, radica en la dinámica del clima, es decir, en los cambios que sufren a lo largo del tiempo las áreas climatológicamente definidas --no importa el sistema utilizado--. Es frecuente encontrar en los textos la afirmación de que para poder definir el clima de una determinada región se necesitan cuando menos 10 años de registros meteorológicos continuos en las estaciones con que se pueda contar. Consideremos esto una verdad parcial para seguir nuestro análisis.

Pareciendo más segura una cartografía con mayor tiempo de registros, el Instituto de Geografía de la UNAM y el DETENAL (Sería de la Presidencia, 1970), publicaron su Carta de Climas de la República Mexicana, considerando registros cuya temporalidad o periodicidad no era uniforme. ^{Fig. 55} Once años después, DGTNAL publica una nueva carta de climas, en el "Atlas Nacional del Medio Físico" a una escala menor, con datos de más estaciones, pero aplicando el mismo criterio. ^{Fig. 56} El resultado a efectos prácticos de establecer una evaluación agrícola de la zona que nos ocupa, considerando diferencias entre uno y otro mapa, no nos permite observar con claridad las tendencias de los cambios climáticos locales, cambios que están presentes por el desmonte, la industrialización y otros factores, que han provocado diferencias notorias.

que pueden observarse al comparar ambos mapas entre si, pero cuyas causas y tendencias es imposible discernir, pues los registros considerados están traslapados estadísticamente. Empero, las áreas ocupadas por los climas muestran ^{Fig. 263} disimilitudes notables, siendo muy apreciable la zona de canícula, que únicamente aparece en el del "Atlas Nacional". Por su parte, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), publicó las "Normales Climatológicas" de todas las estaciones del país en 1982, nuevamente con idéntico criterio, lo que impide comparaciones estadísticamente precisas y también, como reiteramos, oculta las tendencias del clima. Esto representa un grave error técnico que dificulta enormemente la planificación agrícola en todo el país y contribuye a mantenerlo en el subdesarrollo económico.

De aquí se deduce que, para que una fórmula climática de una localidad dada, tenga la necesaria utilidad práctica y no sea únicamente una referencia empírica abstracta, se requiere que parta de la obtención de todos los registros meteorológicos posibles de la zona de nuestro interés, para elaborar con ellos la clasificación climática, por lo menos dos veces, con 10 años de diferencia para cada estación a estudiar, lo que permite conocer su tendencia climática además de su verdadera climatología. Por lo general, los conocimientos necesarios para realizar esto último, se limitan a contadas personas cuya formación universitaria o técnica, rara vez coincide con que sean agricultores que necesitan planificar sus cultivos. Es más, diversas restricciones de orden burocrático, dificultan la obtención de los datos, concentrados por dependencias oficiales que difícilmente proporcionan los registros más recientes.

En primera instancia, la comparación de los valores medios anuales de temperaturas y totales de precipitación entre la Carta de Climas de ^{Fig. 35} 1970 y el Atlas Nacional de ^{Fig. 56} 1981, permite observar --a pesar del traslape estadístico de 10 años en los datos--, mediante un artificio estadístico, cambios climáticos bastante notables y así, nos permite evitar a voluntad, las limitaciones que anotamos previamente en forma parcial. Estos cambios, las más de las veces graves, ^{Fig. 47, Pac. 263} pueden comprometer el éxito de cualquier cultivo. Así, en el caso de la vainilla, encontramos un aumento generalizado de la temperatura, con una pérdida importante de la precipitación total anual.

Los valores existentes, para las estaciones presentes en ambos mapas, incluyendo por seguridad algunas circunvecinas al área vainillera del Norte de Veracruz y Puebla, se obtuvieron de García (1973) del Atlas Nacional del Medio Físico (1981) y de las Normales climatológicas del S.M.N. (1982) y se compararon por métodos estadísticos clásicos. De esta comparación se obtuvieron, a pesar del traslape de los datos, valores de pérdida global de la precipitación total anual de la zona que fluctúan entre 4.9 y 18.3 % cada 10 años (en referencia al periodo 1970-1980) y un aumento generalizado de la temperatura media anual de hasta 3.35 % para el mismo periodo, independientemente de la variabilidad interanual de temperatura y precipitación en dicha zona. ^{FIG. 47}

Dudando que por el traslape de datos y los métodos estadísticos empleados se estuviese fabricando una colección de datos absurdos, consultamos al Dr. Antonio Flores Díaz, de donde vino otra forma de evaluar las diferencias observadas en los mapas (véase: "La Variabilidad de la Precipitación" en Flores y Ostwald, 1965) y los resultados fueron plenamente coincidentes. Se observó además, que si los climas de cada estación eran clasificados de acuerdo con diferentes sistemas, también mostraban cambios notables. ^{PAG. 263} Citaremos ejemplos para ilustrar esta situación.

Según el Sistema Climático de Emanuel de Martonne, ^{PAG. 221 Y SIGTES.} el clima general de la huasteca baja, en función de sus índices de aridez, ha pasado en esos 10 años de húmedo a semi-húmedo.

Con el sistema de Köppen, mod. por García, 1973, ^{PAG. 199 Y SIGTES.} observamos un cambio, pasando el clima general de la zona del más húmedo de los sub-húmedos, (Aw_2) al subhúmedo intermedio (Aw_1), al pasar el cociente P/T general de 63.2 a 51.6. En estaciones específicas como Tecolutla, se observa aumento de la inestabilidad estacional en invierno, al aumentar la lluvia invernal.

En los cálculos del Sistema de Thornthwaite ^{PAG. 204 Y SIGTES.} (1948) es sin embargo donde se observan los cambios más dramáticos pues hay cambios de fórmula climática que indican en sólo 10 años, pérdida total del superávit de agua, reducción de la reserva del suelo, pérdida generalizada de humedad,

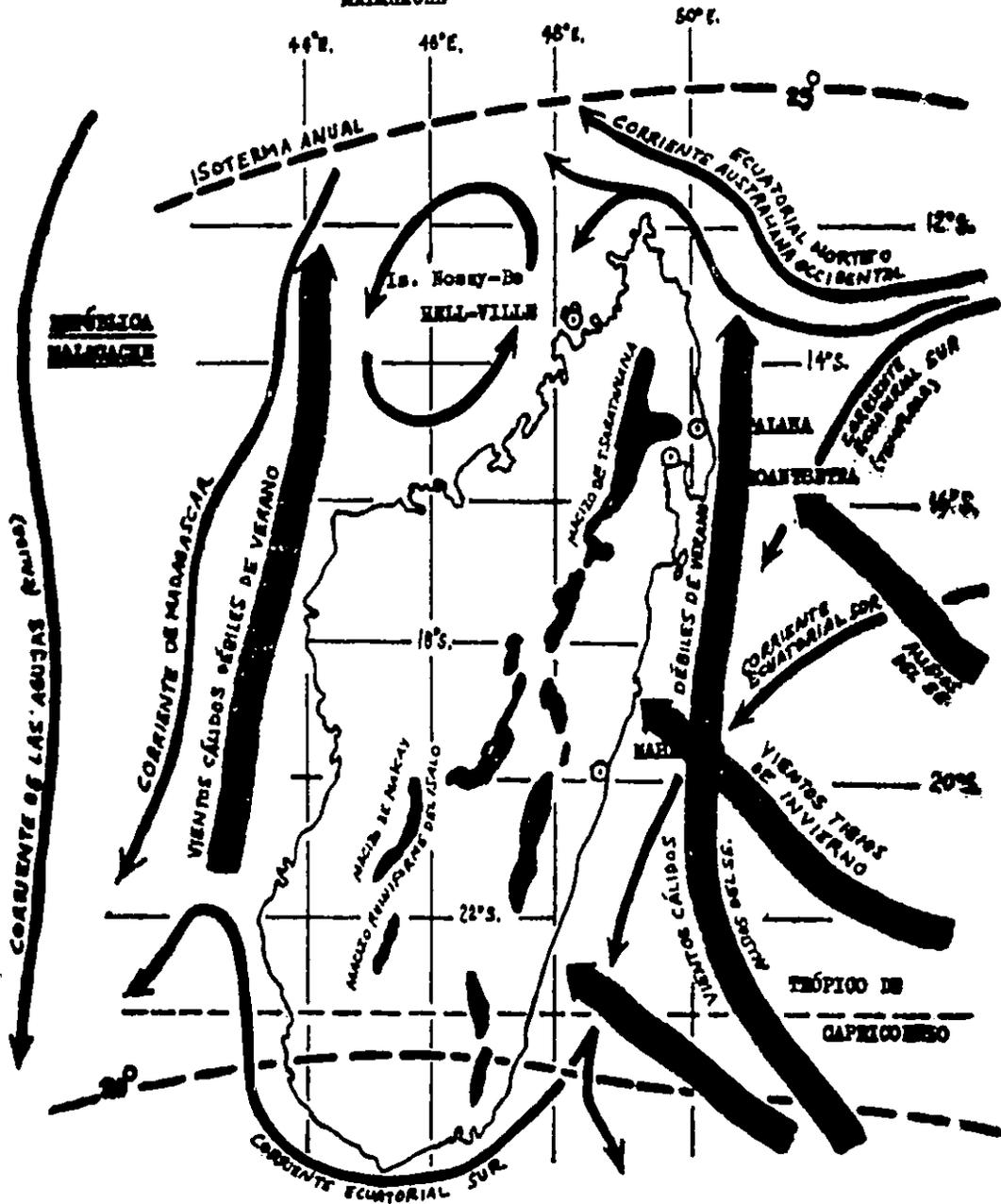
una mayor amplitud de la temporada de sequía, reducción de la evapotranspiración, etc. etc. ^{FIGS. 21 A 29}

De todo esto puede concluirse que la observación aislada de cualquiera de los dos mapas mencionados, ^{FIGS. 55 Y 56.} no nos permitiría percatarnos de la necesidad de establecer -por ejemplo-, áreas de riego en la zona, única manera de impedir el fracaso de nuestro cultivo por la falta global, cada vez más grande de humedad.

De estas observaciones, entre otras muchas que serán comentadas más adelante, en diferentes apartados, vino la necesidad de suponer hipotéticamente, que el clima de la zona vainillera mexicana, y por lo tanto, de cada una de las estaciones en ella ubicadas, había cambiado notablemente, lo suficiente como para que Papantla, Ver., dejase de ser la "Capital Mundial de la Vainilla" y que por lo tanto, algún otro país del mundo que produjese de tiempo atrás, y actualmente, el vegetal, podría tener un clima más "ecológicamente perfecto" o más estable para el cultivo. Como hasta la fecha ningún autor ha correlacionado de manera coherente la relación clima-calidad-cantidad de la vainilla, fue necesario suponer, en base al éxito económico y continuidad de su producción, que Madagascar ^{FIG. 18} era el sitio ideal, y que los datos de las clasificaciones climáticas vainilleras tipo de Madagascar, al ser comparadas con los datos de las clasificaciones climáticas vainilleras tipo de México, mostrarían objetivamente si nuestros climas se habían alterado o no. En el primer caso, sería posible ver en que sentido y que tanto lo habían hecho. Además, en el caso particular de la clasificación climática de C. Warren Thornthwaite de 1948, aplicada a cada localidad, ^{FIGS. 21 A 29} fue posible ajustar el ciclo de vida de la vainilla al clima, conjugando en un diagrama único las aportaciones del "Diagrama Ombrotérmico de Gaussen y Bagnouls" (véase Molinier y Vignes, 1971); de Sagar (1970) del "Abaco" de Kaldman y Sánchez, (1977) de la "Gráfica del balance hídrico" del propio Thornthwaite (1948) y la información, sobre todos los aspectos del ciclo de vida de la planta, que diferentes autores relacionan con fechas específicas, principalmente: Herre-rías (1980), Cipagauta y Sánchez (1979) y Montoya (1945, 1963). ^{FIG. 67, PAG. 302}

Posteriormente, al evaluar todas las localidades del mundo que producen o han producido vainilla, fue posible observar que había sido co-

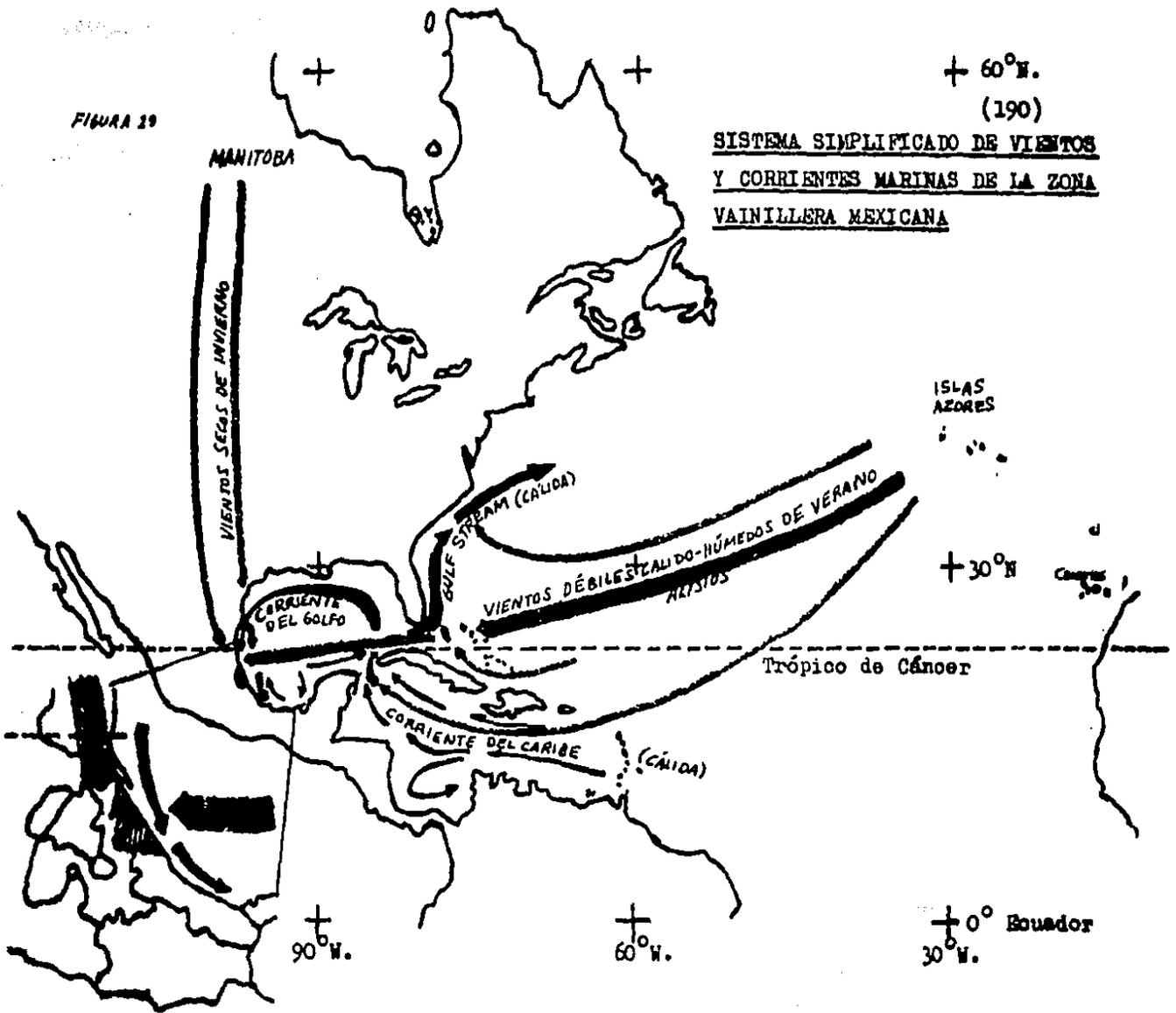
SISTEMA SIMPLIFICADO DE VIENTOS Y CORRIENTES MARINAS DE LA REPÚBLICA MALAGACHE



recta la elección de Madagascar. En principio, puede observarse ^{Fig. 18} que aún cuando este país se halla localizado en el Hemisferio Sur, su latitud Sur, propiamente dicha, es equivalente a la latitud Norte de la zona vainillera mexicana. ^{Fig. 19} Igualmente, que mientras en México tenemos los aportes de humedad y estabilización del clima, provocados por la corriente marina del "Gulf Stream", que incide en la costa de Veracruz de manera tangencial, en Madagascar tienen, de manera frontal, una situación similar, pero definitivamente más estable en cuanto a humedad y temperatura, aportada por la "Corriente Australiana Occidental o Ecuatorial Norte" y la "Corriente Ecuatorial Sur", que viajan paralelas y al enfrentar la costa del subcontinente se desvían, cada una en la dirección que su nombre le otorga. Otro hecho interesante, radica en que las direcciones, intensidades y periodicidades de los vientos estacionales, también son similares en ambos países, además, también existe coincidencia en cuanto a la topografía pues en México tenemos, las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, representadas por las Sierras de Zacapoaxtla y Teziutlán y del Norte de Puebla, que embalsan, encañonan y levantan forzósamente los vientos locales, provocando precipitaciones típicas de adiabatismo y turbulencia que muestran marcadas diferencias aún en localidades vecinas, mientras en Madagascar, el Macizo de Tsaratanana, con su accidentada topografía, juega un papel similar. En ambos casos, las altitudes sobrepasan los 2000 metros sobre el nivel del mar. Retrocederemos ahora por necesidad, a la información meteorológica para estudiar el viento en la vertiente del Golfo de México y tipificar su influencia en la zona vainillera.

Durante los meses correspondientes a la primavera y el verano, la superficie del Océano Atlántico y Golfo de México, se calienta ^{Fig. 19} más rápidamente que las superficies continentales, provocando vientos costeros de tipo monzónico a partir de un centro de presiones máximas que se localiza en las cercanías de las Islas Azores. Desde allí se originan los vientos alisios, que ejercen una gran influencia sobre el clima local, pues al cruzar todo el Atlántico, mueven las masas de aire de este océano, calientes y cargadas de humedad y las hacen chocar con la costa del golfo. A consecuencia del calentamiento estacional posterior de la zona oceánica, el centro de máximas se desplaza hacia el Oeste, hasta ubicarse sobre la superficie continental de Norteamérica, en las cercanías de Manitoba (Canadá). Las masas de aire que

FIGURA 29



SISTEMA SIMPLIFICADO DE VIENTOS
Y CORRIENTES MARINAS DE LA ZONA
VAINILLERA MEXICANA

llegan a nuestro país desde el centro de máximas de Manitoba, en invierno, cruzan una pequeña superficie oceánica, pero en su mayor parte atraviesan áreas continentales y carecen de toda humedad (Mod. de SARH, Atlas del Agua, 1976).

Tomemos, para marcar estos efectos, los registros de la estación meteorológica de Tampico, Tamps., con registros de 1951 a 1970 para datos generales de viento, de la obra citada:

En diciembre, 23 % de calmas, en enero 28 % y en febrero 16 %, habiendo predominado, para este periodo, que corresponde al invierno, vientos del norte y del este en forma de brisas frescas de 7.5 a 9.8 m/s (categoría 5 de la escala de Beaufort, Véase Petterssen, 1976).

En marzo, 8 % de calmas, con vientos del norte y del este de igual o mayor intensidad que en invierno. En abril, 5 % de calmas y en mayo sólo 1 %, con vientos dominantes del este y del noreste que señalan claramente la primavera, variando de brisas fuertes, a frescas y moderadas, de 12.4 a 5.3 m/s respectivamente (6,5,4,).

En junio, 4 % de calmas, en julio 9 % y en agosto 15 %, que son los meses del verano, con vientos dominantes del este y del nordeste en forma de brisas débiles (3), de 3.4 a 5.2 m/s.

En septiembre, 20 % de calmas, en octubre 15 % y en noviembre 16 %, siendo los vientos dominantes para los dos primeros meses del otoño, del este y del nordeste, en forma de brisas moderadas y débiles (4,3) de 7.4 a 3.4 m/s, que se modifican en noviembre, aumentando en intensidad: frescas (5), de 7.5 a 9.8 m/s provenientes del norte, aun cuando sigan llegando brisas débiles del este. (Datos modificados y reelaborados a partir del Atlas del Agua, SARH, 1976).

Durante el invierno, es frecuente observar en el Golfo de México y regiones aledañas, fuertes vientos del Norte que acompañan a la invasión de un área de alta presión (anticiclón polar). Soplan de uno a tres días sobre la zona vainillera, después de haberse modificado a su paso por las aguas relativamente cálidas del Golfo y atenuarse un poco por el rozamiento con el terreno. En la mayoría de los casos, estas masas de aire no alcanzan una profundidad mayor de 1600 m, que es la altitud media del borde del altiplano que colinda con el Golfo de México y así, sufren el llamado "efec-

to de embalse" en las laderas de las Sierras de Zacapoaxtla y Teziutlán, para después desviarse y "encañonarse" hacia la zona de Nautla, Ver. Estos vientos, de aire denso y húmedo, sufren también por su intensidad un "levantamiento forzado", en las zonas donde las vertientes montañosas se presentan como rampas, por lo que se condensan y originan precipitaciones por expansión adiabática sobre dichas vertientes. (Mod. de Mosiño, 1974). Pero éstas precipitaciones de invierno, por ser el aire frío y denso, son sólo en forma de lloviznas acompañadas de una gran nubosidad mientras predomina el viento Norte, y persisten mucho tiempo con poca intensidad, por lo que no se comparan con las que provoca el embalse y levantamiento forzado de los alisios en verano. Sin embargo, lo que aquí interesa, es que estos "nortes", contribuyen al mantenimiento de una humedad adecuada y una iluminación óptima durante la temporada de sequía, atenuando los efectos de ésta última sobre una deshidratación excesiva de los vainillales, misma que se presentaría con efectos dramáticos para la plantación, de no estar presentes las mencionadas lloviznas, lo que es común encontrar en todas las otras regiones del mundo a la misma latitud, norte o sur, que no tienen la coincidencia tan especial de ver ampliamente modificadas las estaciones en base a una combinación especial de corrientes marinas, topografía, vientos y horas luz. De aquí se deduce que la secuencia de estaciones del trópico, especial para la vainilla, está presente únicamente en lugares muy especiales. Como la diferenciación de las estaciones se atenua con el acercamiento al ecuador, resulta lógico suponer que la latitud es un factor limitante para la distribución comercialmente rentable del cultivo, y que el "ajuste" ideal del ciclo de vida de la vainilla, y los diversos mecanismos de disparo ecológico que se requieren para floraciones, fructificaciones o crecimiento vegetativo, etc. comercialmente ideales, sólo están presentes en latitudes tropicales determinadas, donde se expresan en conjunto, produciendo cosechas con la máxima calidad y cantidad.

Ningún otro lugar del mundo que produzca vainilla, coincide en tantos aspectos con México, como Madagascar.^{Fig. 18} En verano, soplan vientos cálidos débiles provenientes de un centro de alta presión localizado en el Océano Índico sur, y en invierno, vientos tibios que proceden del mismo centro de acción. Los primeros, o alisios del sureste siguen la dirección de la "Corriente Ecuatorial del Sur", chocan frontalmente con Madagascar a la altura de

Antalaha, el más importante centro productor de vainilla del mundo, y siguen su curso rumbo al norte paralelos a la costa africana. Los segundos, en invierno, soplan del mismo centro de acción ahora ligeramente desplazado más al sur dentro del Océano Indico, y son un poco menos húmedos que los anteriores.

Todas las otras regiones que producen vainilla, son básicamente insulares, y tienen una inestabilidad enorme en cuanto a la definición precisa de estaciones en comparación con México y Madagascar. Reunión, las Comores y las Seychelles deben su éxito parcialmente a su cercanía con Madagascar. No obstante, no parece aventurado afirmar que las producciones insulares de vainilla se deben más a "casualidades ecológicas marginales", que a un clima "ideal". Lo que se confirma tan sólo, con observar con deterioro los datos históricos de la producción mundial (véase al respecto, Cipagauta y Sánchez, 1979 y Banco Nacional de Comercio exterior, 1961).

Siendo Tahití una excepción a la regla, por su enorme producción, es necesario anotar aquí que se elaboraron dos ombrotermogramas de Papete, cuya simple observación ilustra una enorme variabilidad en las precipitaciones y otros factores. Además, ahí se cultiva otra especie: Vanilla tahitensis J.W. Moore, cuyos requerimientos ecológicos pueden ser diferentes a los de V. planifolia Andr., a la que necesariamente ha sido preciso restringir este estudio. Será preciso incluir este caso marginal típico en futuros estudios a nivel mundial de la ecología de la vainilla. El género Vanilla Juss. cuenta con 110 especies reconocidas (véase Bouriquet, 1954) y además de estar ampliamente diversificado se distribuye en todos los trópicos y sub-trópicos del mundo, siendo contadas sus especies con "adaptaciones comercialmente favorables". Cabe añadir que también es muy posible que en algunos de estos lugares se haya logrado una eficiente tecnificación del cultivo cuyos detalles no han sido publicados por objetivos comerciales obvios.

Prosigamos para determinar con precisión una definición del clima de la vainilla. De entre todas las observaciones importantes que han aportado los diferentes autores que hemos tenido oportunidad de consultar, podemos resumir lo siguiente, que anotamos reestructurado por necesaria referencia, aunque no es -en principio- considerado como definitivo.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Parra (1984) nos dice que la región productora más importante de vainilla en México, queda comprendida entre los meridianos $97^{\circ}10'$ y $97^{\circ}30'$ longitud Oeste y entre los paralelos $19^{\circ}40'$ y $20^{\circ}30'$ latitud norte, lo que no coincide con Martínez (1959) ni con Cipagauta y Sánchez (1979) que la ubican en los alrededores del paralelo 21° N. Creemos que todos ellos brindan datos imprecisos en este aspecto. Hernández (1981) por su parte, trabajó el área comprendida entre $20^{\circ}24'$ a $20^{\circ}36'$ N., y 97° a $97^{\circ}22'$ W., sin abarcar tampoco toda la zona, aunque nos brinda un mapa de México donde aparecen 8 regiones del país como productoras del cultivo. Veremos adelante, qué ha dificultado la precisión en este sentido.

ALTITUD

La vainilla cultivada se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta altitudes de 600 msnm (ENCE, 1961; Montoya, 1963), por debajo del límite de las heladas. Cornaillac anotaba en 1902, que arriba de 500 m la planta no fructifica; por su parte, Martínez (1959) Cipagauta y Sánchez (1979) y Parra (1984) coinciden en señalar que en México la altitud media ideal es de 350 m y Miranda (1976) menciona que ésta, no debe sobrepasar la cota de 400 m. Herrerías (1980) señala que la zona tradicionalmente productora, en Papantla, Ver., está entre los 5 y los 150 m. La altitud media óptima, promediada de los datos dados por todos los autores consultados es de 252 msnm, pero al parecer, la limitante altitudinal precisa está ligada indudablemente a una combinación especial de varios factores del clima y la posición geográfica, por lo que se dificulta el establecimiento de una norma de uso general.

CLIMA

Para desarrollarse y prosperar favorablemente y ser más productiva, la vainilla requiere de un clima monzónico [Es decir, donde la circulación del viento sigue un sistema alternado que se desarrolla temporalmente como respuesta a la variación anual de las diferencias de temperaturas estacionales entre mares y continentes. Petterssen (1975)] trópic pical y/o Semitropical, Húmedo o Muy húmedo, Cálido o Semicálido (pero relativamente fresco dentro de lo cálido), de Selva o Bosque siempreverde, sin estación seca invernal claramente definida, con lluvias todo el año o régimen de lluvias de verano, siendo la regularidad de los fenómenos sucesionales del mismo, el punto de vista más importante a considerar para

el desarrollo de la calidad aromática óptima del cultivo (Correll, 1944; Martínez, 1959; ENCE, 1961; McMillan Co., 1961; Miranda, 1976; Cipagauta y Sánchez, 1979; Herrerías, 1980; Williams y Col., 1980; y Parra, 1984).

TEMPERATURA

En cuanto se refiere a las temperaturas, la media anual más baja considerada como ideal, es de 21°C (Correll, 1944; Montoya, 1963; y Parra, 1984) y la más alta 32.2°C (Correll, 1944; y Parra, 1984), siendo el promedio de todos los valores dados por los autores consultados, de 24.5 °C que representa el óptimo aproximado. Herrerías (1980) es el único que cita una temperatura media entre 20.5 y 22.5°C al punto de roofo. Mar tí nez (1959) Cipagauta y Sánchez (1979) y Parra (1984) mencionan que la mínima media anual no debe ser menor de 12°C; por su parte, Cornaillo (1902) había mencionado que este límite se hallaba a los 9°C; mientras Miranda, amplió el nivel de tolerancia al frío promedio hasta los 7 C. Montoya (1963) menciona que las temperaturas mínimas (extremas) pueden oscilar entre 5 y 7 °C, pero por periodos cortos de tiempo, como efectivamente ocurre en algunas zonas vainilleras, pues si las ondas frías se prolongan demasiado, causan la muerte de las raíces y finalmente la de la planta, la cual, definitivamente no tolera las heladas. Byrd (1978) menciona por su parte, que arriba de 30°C (Máxima media) las plantas de vainilla usadas como ornamentales, requieren ser ventiladas, esto coincide con Papadakis (1960) que se refiere a este valor como límite del desarrollo vegetativo óptimo anterior a una transpiración excesiva por parte de cualquier vegetal. Por último, Miranda (1976) anotó que las temperaturas medias no deben oscilar demasiado.

PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD

Requiere de una temporada o estación lluviosa con una precipitación total media anual de 1000 mm (valor mínimo consignado por Kar tí nez, 1959) a 4000 mm (valor máximo, consignado por Montoya, 1963; y Her re rías, 1980), siendo el promedio general de los valores dados por todos los autores consultados de aproximadamente 2170 mm Esta precipitación, con lluvias frecuentes de repartición creciente y decrecientemente progresiva y uniforme, a lo largo del desarrollo de la estación lluviosa de verano, casi no presenta precipitaciones puntuales excesivas, y dura 9 ó 10 meses (que es lo ideal), aunque cuando termina no se presenta nunca una sequía absoluta. Durante el periodo de maduración y secado natural del fru-

to, y/o previa a la floración, es cuando debe producirse esta sequía relativa, que dura mes y medio a dos, y máximo tres meses. Suele presentarse en invierno, con nubosidad elevada y lluvias tenues más o menos persistentes, lo que mantiene en conjunto, todo el año, una humedad atmosférica relativa media ideal constante del 80%, un valor que preferentemente no debe ser superado, ni debe bajar a (menos del 60%). Las condiciones de aridez, humedad excesiva, y los vientos violentos son perjudiciales para la planta, especialmente en donde inciden junto con lluvias de origen ciclónico.

ILUMINACIÓN

Byrd (1978) es el único autor que nos proporciona datos cuantitativos de iluminación, aún cuando se refiera al uso de vainillas como plantas ornamentales, señalando que la planta puede conservarse viva con sólo 25 bujías, sobrevivir entre las 100 y las 1000 bujías, y desarrollarse óptimamente entre las 1000 y 3000 bujías, añadiendo, como mencionan también todos los demás autores, que necesita siempre de sombra parcial o luz filtrada. De sus observaciones se deduce que la mejor orientación de las hileras de vainilla de una plantación es de este a oeste, para que se hagan sombra unas a otras en el transcurso del día; mientras que si la orientación es de norte a sur, se requiere de sombra artificial.

MENCIÓN DE MODIFICACIONES DEL CLIMA

Con los cambios climatológicos que se están haciendo sentir en nuestro país, han desaparecido paulatinamente las áreas sembradas con vainilla casi totalmente, estos cambios, no permiten una total seguridad o precisión cuando se pretende establecer la situación geográfica de las zonas vainilleras ni sus límites. La zona vainillera mexicana se ha visto considerablemente disminuída por las transformaciones climatológicas radicales que están ocasionando los desmontes y la tala inmoderada, así como la quema de gases y los desechos industriales de la industria del petróleo. Diversos autores (véase Univ. Ver., 1984) señalan que el 70 % de los suelos ejidales propios para la producción de vainilla, son ahora potreros que anteriormente fueron zonas boscosas, y que éstos, son secos puesto que no tienen capacidad para retener la humedad que se requiere, lo que ha frenado definitivamente la proliferación y permanencia de las parcelas vainilleras. A esto se suma una notable reducción de las precipitaciones y de la esperanza de lluvia, además de aumentos en la velocidad del viento, factores todos perjudiciales en conjunto.

ACERCA DEL MANEJO DE DATOS Y USO DE CLASIFICACIONES

Varios autores han intentado precisar con detalle la ubicación geográfica de las zonas vainilleras, o al menos, definir las variables típicas que les son comunes y limitativas, utilizando métodos de clasificación climatológica diversos (principalmente Cornailiac, 1902; Montoya, 1945; Bouriquet, 1954; y Hernández, 1961). Empero, en casi todos los casos, los datos en que se han basado son extremadamente parciales como para que sea posible establecer generalidades ecológicas; algunos, tienen justificación histórica por la época en que escribieron; otros, más recientes, olvidan consignar las fuentes consultadas y los periodos de observaciones de los datos que nos brindan y también es común encontrarse con que se han aplicado criterios que prejuzgan la información y dan conclusiones empíricas pero inexactas. En estas condiciones, todo el trabajo de análisis de esta tesis se inició a partir de los datos meteorológicos y climatológicos básicos que fué posible obtener. Por lo tanto, hemos descartado, después de una lectura detallada, todo el trabajo existente sobre el tema. En relación con otros cultivos, es interesante señalar aportaciones importantes realizadas con talento (véase Contreras, 1942; y Papadakis, 1960), en la persecución de similares objetivos.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS SOMETIDAS A ANÁLISIS

- ANTALAHA**, República Malagache, primer centro productor de vainilla de mundo en cantidad, ubicación costera. FIGS. 21, 40, 60, 64.
- HELL-VILLE**, República Malagache, 2do. lugar en producción del país, ubicación insular (Isla de Nosy-Be). FIGS. 22, 50.
- MAROANTSETRA**, República Malagache, 3er. lugar en producción del país, ubicado en la pequeña bahía de Antongil, rodeado de montañas. FIGS. 23, 50.
- NAHANORO**, República Malagache, 4o. lugar en producción del país, ubicado en la costa oriental, el más austral de los centros productores importantes. FIGS. 24, 50.
- PAPANTLA**, Veracruz, México, centro productor tradicional más importante del mundo en calidad y en cantidad de nuestro país. FIGS. 25, 41, 51, 52, 61, 64.
- MARTÍNEZ DE LA TORRE**, Veracruz, México, en la llanura costera del Golfo. FIGS. 26, 42, 53.

TECOLUTLA, Veracruz, México, en situación extrema sobre la banda costera. ^{FIG. 27, 51}

MISANTLA, Veracruz, México, 2do. centro productor del país, en la base de las montañas. ^{FIGS. 28, 43, 48, 49, 52.}

PUEBLO HENRÍQUEZ, Veracruz, México, no es centro productor, pero se encuentra en las laderas de la sierra, por lo que representa una situación marginal. Además, está muy cerca de Tlapacoyan, centro prehispánico donde se originaron las leyendas Totonacas del nacimiento de la vainilla. (Véase Herreras, 1980). ^{FIGS. 29, 44, 53.}

Para la República Malagache, en el Hemisferio Sur, ^{FIG. 18} tenemos una cobertura geográfica que va, de los 13°24' a los 19°54' de latitud Sur, y de los 48°17' a los 50°15' de Longitud Este de Greenwich. A su vez, para México, en el Hemisferio Norte, ^{FIG. 19} nuestra cobertura es de 19°05' a 20°30' de latitud Norte y de 96°05' a 97°19' de longitud Oeste de Greenwich.

Como se vé, la representatividad de las estaciones y su selección, se basaron en la amplia variabilidad de características implicadas en su ubicación geográfica y en su carácter productivo, ideal o marginal, en calidad y/o cantidad. Hay que señalar que también se consideraron los años de operación y registro de las estaciones, sus diferencias en altitud, y otros factores varios.

Todos los datos manejados en los cálculos de clasificación climática de c/u de las estaciones, se derivaron básicamente de la información termopluviométrica obtenida de Wernstedt (1972) para Madagascar y del Servicio Meteorológico Nacional (1982) para México, y se verificaron en los diversos atlas y mapas que figuran en la bibliografía. Los métodos de cálculo son los clásicos de cada sistema. (Los cálculos de la variabilidad climática del área vainillera mexicana, incluyen otras fuentes más antiguas y serán tratados más adelante en un apartado ex-profeso). ^{PÁG. 251 Y SIGTES.}

La secuencia de las estaciones del trópico, especial para la vainilla se modifica atenuándose hacia el ecuador y haciéndose extremosa hacia los polos. Así, la latitud es un importante factor en los mecanismos de disparo de las diferentes partes del ciclo vital de la planta y muy especialmente de aquéllos que se relacionan con la máxima calidad.

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN, 1936
Y DE KÖPPEN MODIFICADO POR E. GARCÍA, 1964 PARA LA REPÚBLICA MEXICANA

(Según: SECRETARÍA DE LA PRESIDENCIA, 1970; García, 1973; Petterssen, 1976; SARH, 1976; DIGITAL, 1981; y Maderey, 1982).

REPÚBLICA MALAGACHE

ANTALAHA, Tamatave (1938-1972) 14°53'S. 50°15'E. 295 msnm

Köppen: Afg

Clima Tropical Lluvioso Cálido-Húmedo de vegetación Megaterma, (Selva tropical) Con lluvias todo el año y marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: A(f) (e)g

Clima Cálido-Húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm y lluvia invernal superior al 18 % de la anual; extremoso; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

HELL-VILLE, Is. Nosy-Bé, Diego Suárez (1946-1972)

13°24'S. 38°17'E. 62 msnm

Köppen: Cwaw'g

Clima Sínico (Sur de China) Templado Lluvioso Cálido-Húmedo de vegetación Mesoterma, (Bosque subtropical). Lluvia todo el año pero no es "f". Con verano muy caluroso y máximo de lluvias de verano desplazado hacia el otoño, e invierno semiseco; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: A(C)m wa(i')g

Clima Semicálido Húmedo, verano muy caluroso con lluvias abundantes. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm y lluvia invernal entre 5 y 10.2 % de la anual; poca oscilación térmica y marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

MAROANTSETRA, Tamatave (1952-1972) 15°26'S. 49°44'E. 7 msnm

Köppen: Afw'ig

Clima Tropical Lluvioso Cálido-Húmedo de vegetación Megaterma (Selva tropical). Con lluvias todo el año que presentan su valor máximo en otoño; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: A(f) (i')g

Clima Cálido-Húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm y lluvia invernal superior al 18 % de la anual; poca oscilación térmica; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

MAHANORO, Antananarivo (1941-1972) 19°54'S. 48°49'E. 95 msnm

Köppen: Afw'ig

Clima Tropical Lluvioso Cálido Húmedo de vegetación Megaterma (Selva tropical). Con lluvias todo el año que presentan su valor máximo en otoño; isotermal; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: A(f) (i')g

Clima Cálido-Húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm y lluvia invernal superior al 18 % de la anual; con poca oscilación térmica; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

REPÚBLICA MEXICANA FIG. 58.

PAPANTLA, Veracruz (1950-1970) 20°27'N. 97°19'W. 298 msnm

Köppen: Awv'g

Clima Tropical Lluvioso Cálido-Húmedo de vegetación Megaterma (Sabana tropical). Régimen de lluvias de verano desplazado hacia el otoño e invierno seco; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: Aw'₁ (x')(e)g

Clima Cálido Sub-Húmedo con lluvias en verano cuyo máximo se ha desplazado al otoño, cociente P/T entre 43.2 y 55.0 (tipo intermedio de humedad entre los climas cálidos sub-húmedos). Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 con respecto a la anual. Extremoso; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

MARTÍNEZ DE LA TORRE, Veracruz (1945-1970)

20°04'N. 97°03'W. 152 mmnm

Köppen: Afw'g

Clima Tropical Lluvioso Cálido-Húmedo de vegetación Megaterma (Selva Tropical). Con lluvias todo el año que presentan su valor máximo en otoño; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: Af(m) (e)g

Clima Cálido-Húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm. Lluvia invernal menor de 18 % de la anual; extremoso; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

TECOLUTLA, Veracruz (1951-1970)

20°30'N. 97°01'W. 3 mmnm

Köppen: Cwaw'g

Clima Sínico (Sur de China) Templado lluvioso Cálido-Húmedo de vegetación Mesoterma (Bosque subtropical). Llueve todo el año pero no es "f". Con verano muy caluroso y máximo de lluvias de verano desplazado hacia el otoño, e invierno semiseco; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: A(C)(fm) w(x') w'a (e)g

Clima Semi-Cálido-Húmedo con lluvias todo el año y verano muy caluroso. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm y lluvia invernal menor de 18% de la anual, pero efectiva para el crecimiento vegetal. Régimen de lluvias de verano desplazado hacia el otoño. Extremoso; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

MISANTLA, Veracruz (1941-1970)

19°05'N. 96°05'W. 410 msnm

Köppen: Cfawg

Clima Virginiano Templado Lluvioso Cálido-Húmedo con verano muy caluroso y vegetación Mesoterma (Bosque subtropical), con lluvias todo el año, máximas en otoño. Estación de crecimiento vegetal larga, que culmina ocasionalmente con algunas heladas de invierno; marcha de las temperaturas medias mensuales durante el año, tipo Ganges.

Köppen modificado: A(C)f(m)w(x') w'a(e)g

Clima Semi-Cálido-Húmedo con Lluvias todo el año y verano muy caluroso. Precipitación del mes más seco mayor de 60 mm y lluvia invernal menor de 18 % de la anual, pero suficiente para el crecimiento vegetal. Lluvias máximas de verano desplazadas hacia el otoño; extremoso; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

PUENTE HENRÍQUEZ, Veracruz (1944-1960) (Fuente: García, 1973)

19°56'N. 97°12'W. 510 msnm

Köppen: Afw'g

Clima Tropical Lluvioso Cálido Húmedo de vegetación Megaterma (Selva o encinar tropical). Con lluvias todo el año que presentan su valor máximo en otoño; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

Köppen modificado: Af(m) (e)g

Clima Cálido-Húmedo con Lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm. Lluvia invernal menor de 18 % de la anual; extremoso; marcha anual de las temperaturas medias mensuales tipo Ganges.

NOTA: Las observaciones y conclusiones relativas al sistema de Köppen modificado por García, se han dejado para el final del capítulo de climas, ya que requieren un análisis previo muy detallado y antecedentes que son explicados en los próximos apartados.

FIGURA 20

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN, (1936)
Y DE KÖPPEN MODIFICADO POR E. GARCÍA, (1964) PARA LA REPÚBLICA MEXICANA

ESTACION METEOROLÓGICA	ANTALANA	HELL-WILB	MARGUETSTRA	MAHAWORO	PAPANTLA	MDEIATARRÉ	TECOLTLA	MISANTLA	PANAJÓLDEX
PERIODO	1938-1972	1946-1972	1952-1972	1941-1972	1950-1970	1995-1970	1951-1970	1941-1970	1949-1960
FUENTE	WERNSTEDT	WERNSTEDT	WERNSTEDT	WERNSTEDT	SMN	SMN	SMN	SMN	GARCIA
LATITUD	14°53' S.	13°24' S.	15°26' S.	17°51' S.	20°27' N.	20°01' N.	20°30' N.	19°05' N.	19°58' N.
LONGITUD	50°15' E.	38°17' E.	97°19' E.	10°41' E.	97°17' W.	97°43' W.	97°01' W.	96°05' W.	97°12' W.
ALTITUD m. s. n. m.	295	62	7	75	278	152	3	410	570
TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C	23.9	21.3	22.4	25.7	23.9	23.8	22.2	22.9	22.9
TEMP. MEDIA MENSUAL MÁXIMA °C	27.3 a	24.2 a	25.4 a	27.6 a	27.7 a	27.7 a	26.9 a	25.8 a	26.5 a
TEMP. MEDIA MENSUAL MÍNIMA °C	19.5	17.2	18.7	22.6	18.3	18.6	17.9	17.7	18.7
OSCILACION DE LA TEMP. X MENS. °C	7.8 (e)	7.0 (e)	6.7 (e)	5.0 (a)	9.4 (e)	9.1 (e)	9.0 (e)	8.1 (e)	7.8 (e)
PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL mm	2176.8	2230.1	3730.5	2958.8	1066.0	1513.7	1584.1	2162.8	2286.5
PRECIPITACIÓN X DEL MES MÁS SECO mm	74.5 f	34.3	83.6 f	86.1 f	33.5	64.3 f	44.9	98.6 f	75.3 f
PRECIPITACIÓN INVENCIONAL mm	438	122	918	507	122	233	167	346	288
% ANUAL DE LA LLUVIA INVENCIONAL	20.1	5.5	24.6	19.8	11.4	15.4	10.5	16.0	12.6
PRECIP. MÁX. X MENS. EN EL MES MÁS SECO mm	153.4	103.4	367.5	251.0	115.0	160.1	144.5	192.3	212.6
INDICE DE LA NE (1915) COEFICIENTE %	71 <small>BASE EN 100</small>	105 <small>BASE EN 100</small>	107 <small>BASE EN 100</small>	115 <small>BASE EN 100</small>	116 <small>SABANA HUMEDA</small>	64 <small>BASE EN 100</small>	68 <small>BASE EN 100</small>	94 <small>BASE EN 100</small>	100 <small>BASE EN 100</small>
W. Köppen (1936)	Afg	Cwa w/g	Afw g	Af w/g	Am w/g	Af w/g	Cwa w/g	Cfa w/g	Af w/g
Köppen mod. por E. García (1964)	A(1)(c)g	A(1)mb(w)g	A(1)(c)g	A(1)(c)g	Am(1)(c)g	Af(w)(1)g	A(1)(c)g	A(1)(m)g	Af(w)(1)g

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE C. WARREN
THORNTWHAITE DE 1931 Y DE 1948

(Según: Thornthwaite, 1931, 1933, 1946; Papadakis, 1960; Tamayo, 1962; Chang, 1971; Sringer, 1972 a,b; IPGR, 1976; y Maderey, 1982).

REPÚBLICA MALAGACHE

ANTALAHA (1938-1972)

BrA'b Clima de Bosque Húmedo Tropical con humedad abundante en todas las estaciones del año, e influencia de las montañas en la periodicidad térmica anual.

B₁rA'a' Clima Cálido Ligeramente Húmedo, sin déficit de agua, con superávit grande de agua en verano, y baja concentración térmica de verano. n.º.21

HELL-VILLE (1946-1972)

B₂rB'a Clima de Bosque Húmedo Mesotérmico (en situación límite de que se establezca deficiencia de humedad en verano e invierno); con influencia marítima en la periodicidad térmica.

B₃rB₄'a' Clima Semicálido Húmedo, sin déficit de agua, y superávit grande de agua en verano; baja concentración térmica en verano. n.º.22

MARCONTSETRA (1952-1972)

ArB'a Clima de Selva Lluviosa Mesotérmica, con humedad abundante en todas las estaciones del año e influencia marítima en la periodicidad térmica anual.

ArB₄'a' Clima Semicálido Super-Húmedo, sin déficit de agua y con superávit de agua grande en verano; baja concentración térmica en verano. n.º.23

MAHANORO (1941-1972)

BrA'b Clima de Bosque Húmedo Tropical, con humedad abundante en todas las estaciones del año, e influencia marítima en la periodicidad térmica anual.

B₂ra'a' Clima Cálido Moderadamente Húmedo, sin déficit de agua, y superávit grande de agua en verano; baja concentración térmica de verano. FIG. 24

REPÚBLICA MEXICANA

PAPANTLA (1950-1970)

Cda'b Clima de Sabana Tropical, con humedad deficiente en todas las estaciones del año e influencia de montaña en la periodicidad térmica anual.

C₁w'a'a' Clima Cálido Semiseco con déficit de agua invernal moderado, sequía en primavera y época de lluvias de otoño (atípico), sin superávit de agua; baja concentración térmica de verano. FIG. 25

MARTÍNEZ DE LA TORRE (1945-1970)

Bra'b Clima de Bosque Húmedo Tropical, con humedad abundante en todas las estaciones del año, e influencia de las montañas en la periodicidad térmica anual.

C₂ra'a' Clima Cálido Semi-Húmedo, con déficit pequeño de agua; superávit grande de agua en verano; baja concentración térmica de verano. FIG. 26

TECOLUTLA (1951-1970)

BrB'b Clima de Bosque Húmedo Mesotérmico, con humedad abundante en todas las estaciones del año e influencia de las montañas en la periodicidad térmica.

B₁ra'a' Clima Cálido Ligeramente Húmedo, con déficit pequeño de agua y superávit grande de agua en verano; baja concentración térmica de verano. FIG. 27

MISANTLA (1941-1970)

BrB'b Clima de Bosque Húmedo Mesotérmico, con humedad abundante en todas las estaciones del año e influencia de las montañas en la periodicidad térmica.

B₁ra'a'

Clima Cálido Ligeramente Húmedo, con déficit pequeño de agua y superávit grande de agua en verano; baja concentración térmica de verano. #16.28

PUENTE HENRÍQUEZ (1944-1960)

BrB'b

Clima de Bosque Húmedo Mesotérmico, con humedad abundante en todas las estaciones del año, e influencia de montaña en la periodicidad térmica anual.

B₂ra'a'

Clima Cálido Moderadamente Húmedo, con déficit pequeño de agua, y superávit grande de agua en verano; baja concentración térmica de verano. #16.29

EXPLICACIONES, NOTAS Y CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE C. WARREN THORNTWHAITE

Un mapa general de México, aplicando la primera aproximación climática de Thornthwaite (1931) fue realizado por Contreras (1942) [posteriormente consignado por Tamayo, (1962)] en sus estudios de las áreas geográficas de dispersión del guayule (Parthenium argentatum), el hule de Pará (Hevea brasiliensis), y el árbol del hule (Castilloa elastica). Este trabajo aportó bases significativas para la difusión de estos cultivos y su posterior uso industrial en el país, empleando "olimográficas" (más tarde conocidas como climatogramas) en las cuales se confrontan en un sistema cartesiano las precipitaciones medias mensuales como abscisas y las temperaturas medias mensuales como ordenadas, para todo el ciclo pluviotérmico anual, pero, utilizando como referencia las áreas dadas por el sistema de Thornthwaite, que por su sencillez resultan muy útiles en ecología y serán empleadas más adelante (Véase en la sección de: ANÁLISIS TERMOPLUVIOMÉTRICO, el apartado de DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO).^{PAG. 264}

Este primer sistema, fue ampliamente criticado por permitir 120 combinaciones teóricas en los elementos de sus fórmulas de expresión, de las cuales únicamente 32 (que se encuentran en el mapamundi original del autor, 1933) parecen ser funcionales (Stringer, 1972).

Una estimación de la evapotranspiración que es muy fácil de aplicar, puede ser obtenida con el método de Thornthwaite (1948), el cual asume que la temperatura media del aire cerca del suelo, es una buena medida de la radiación neta y entonces, calcula la EVPOT a partir de las relaciones estadísticas entre la evaporación (como aquellas que se miden con lisímetros en ciertos valles húmedos con buen drenaje) y las temperaturas medias mensuales. El método permite encontrar los valores de la EVPOT a partir de las temperaturas medias comunes a todos los registros, previendo correcciones en función de la longitud del mes y de las variaciones de la luz diurna. Estos valores pueden ser obtenidos rápidamente por medio de nomogramas o por cálculo directo. La desventaja del método es que la tem-

peratura del aire cerca del suelo, no es necesariamente una buena medida de la radiación neta en todas las estaciones del año. En muchas estaciones meteorológicas, por ejemplo, la EVPOT es muy aproximada en términos de equivalente de energía a la radiación neta en verano, pero es considerablemente menos aproximada en primavera, debido al retraso de la temperatura del aire frente a la radiación solar. La aplicación de ajustes en función de la longitud del día solo corrige parcialmente dicho retraso (Stringer, 1972). Papadakis (1960) continúa ahora, con la descripción del Método de 1948 de Thornthwaite, añadiendo las críticas pertinentes: ... calculada la EVPOT, el autor la compara con la precipitación y calcula el excedente o el déficit mensual, que pueden ser expresados en porcentajes de EVPOT o de PTA. Sobre esta base se calculan índices anuales. El método presenta el inconveniente de que al basarse sólo sobre la temperatura, no tiene en cuenta que a temperaturas iguales pueden corresponder déficit de saturación, y por lo tanto, necesidades de agua, muy diferentes para las plantas según el estado de la humedad relativa. Si bien es verdad que las plantas transpiran solamente de día, y cuando los días son más largos transpiran más, el hecho de multiplicar la EVPOT por el factor de corrección (igual al número de horas del día dividido entre 12) no basta, puesto que si el día se alarga, el déficit de la mañana y la tarde suele ser muy bajo, y por lo tanto la EVPOT muy pequeña. Además de la lluvia caída en el mes, las plantas utilizan agua acumulada en el suelo durante los meses precedentes. Para calcular ésta, e incluirla en el cálculo del índice hídrico se hace lo siguiente; cuando un mes arroja excedente de lluvia sobre la EVPOT, se considera este excedente como almacenado en el suelo. Si en el mes siguiente hay también excedente, se suma al otro y así sucesivamente hasta llegar a un máximo mensual de 100 mm. El primer mes que la lluvia no alcanza la EVPOT, agrega a la lluvia la diferencia y así sucesivamente, hasta agotar el agua almacenada. Papadakis añade que este método es satisfactorio para comparar el clima de zonas muy grandes entre sí, y el límite de 100 mm muy lógico (en lo que coinciden muchos otros climatólogos), y aclara que cuando se trata ya de un caso concreto, hay que ajustar el máximo de 100 mm a la textura y profundidad del suelo (capacidad de campo), teniendo en cuenta que los excedentes deben calcularse en función de la frondosidad de la vegetación que cubre el suelo.

Los detalles precisos de los cálculos que hay que realizar para obtener el máximo rendimiento teórico de este método, pueden ser consultados en las obras originales del autor, y complementados por los sistemas de tabulación que dan Stringer (1972) IPGH (1976) y Maderey (1982) (No recomendamos que se consulten únicamente estos últimos, pues es frecuente hallar en ellos errores y omisiones con relación al sistema original).

Para un adecuado desarrollo, la vainilla requiere de una precipitación pluvial suficiente (los valores relativos a ésta, los fijaremos en la sección de ANÁLISIS TERMOPLUVIOMÉTRICO ^{PAG. 251; FIGS. 64, 65.} más adelante), la cual, varía significativamente en función de la vegetación que acompaña al cultivo y a la densidad con que se halle éste en relación con la superficie de suelo que ocupe (Hemos visto en la sección de AGRICULTURA, ^{PAG. 58 y 59.} que existe un amplio margen de variación en este sentido). Cuenta también la vegetación de las zonas aledañas. ^{PAG. 20 y 54 y 55.} En conjunto, todo debe ser favorable para mantener una humedad relativa estable de 60 - 80 % constantes. En estas condiciones, parte de la precipitación, debe escurrir de manera que el mantillo, y el humus del suelo, estén siempre húmedos, con la reserva de agua del suelo (100 mm mensuales) teórica, totalmente cubierta, exceptuando una leve sequía, de uno a tres meses, no siempre aparente, que puede observarse por la desaparición temporal del superávit mensual, con o sin reducción de la reserva, pero sin agotarla nunca pues las raíces sufrirían daños severos.

La parte de escurrimiento mencionada, parece tener su valor óptimo en un 11.5 % de la precipitación total anual ^{PAG. 213} (PTA), uniformemente distribuido a lo largo de los 9 o 10 meses que no corresponden al período de sequía relativa. Este escurrimiento, debe bastar para que el flujo de nutrientes a través del mantillo y el humus, donde vive la raíz de la vainilla, presente como característica una concentración máxima de sales solubles que favorezcan el máximo ataque microbiano de la materia orgánica y la liberación de los nutrientes ^{FIG. 59} que esto conlleva. Así, debe darse un flujo ideal, que renueva gases para la microflora y permita, por ejemplo, en

el caso de algunos hongos del suelo, útiles al proceso, la máxima concentración y difusión de compuestos hormonales pregametáncicos tipo ácidos trispóricos B y C y sus ésteres metilados, (véase Van den Ende y Stegwee, 1971). En estas condiciones, a descomposición máxima, corresponde una saturación de bases superior al 500 ‰, y como la vainilla virtualmente "vive del humus" ésta le sería la situación más favorable para desarrollarse. El momento ideal, suele presentarse al tiempo de la tercera cosecha (en México), que es cuando las raíces adventicias secundarias han alcanzado su máximo desarrollo y conservan todavía factores de juventud (lo que garantiza eficiencia máxima de la adsorción de nutrimentos). Cabe anotar, que normalmente cuando se reporta la tasa de saturación el valor máximo corresponde al 100 ‰, pues valores superiores solo prueban la existencia de sales solubles. Sin embargo, en la sección de SUELOS, ^{FIGS. 17 y 59} hemos reportado con cifras los valores superiores para que los aspectos aquí mencionados adquieran una base relativamente cuantitativa.

Los resultados obtenidos en los cálculos del uso del método de Thornthwaite de 1948, permiten también, la construcción de diagramas denominados: gráfica de balance de agua, balance hídrico u otros, que permitan visualizar rápidamente los resultados obtenidos y comparar estas ^{FIGS. 21 A 25 y 67} con las de las estaciones vainilleras, pero siguiendo la forma de expresión dada por Gaussen y Bagnouls, que enriquece su poder descriptivo al permitir la distinción de sequías absolutas y relativas al confrontar la temperatura con la precipitación y la EVPOTA, y les hemos añadido abajo el escurrimiento. De aquí, puede deducirse, si se comparan con el ciclo vital de la vainilla, ^{FIG. 67} que la sequía relativa (Precipitación por debajo de la gráfica de EVPOTA, pero encima de la de temperatura), corresponde inicialmente, por la reducción de las temperaturas con que se ve acompañada (invierno), y la reducción del escurrimiento, al establecimiento de un periodo de reposo o dormancia para las plantas, seguido posteriormente, por una máxima concentración de sales en el mantillo y el humus, dada por la reducción máxima del escurrimiento y el uso relativo de parte de la reserva del suelo, que al coincidir con la elevación gradual de la temperatura (primavera) actúa como mecanismo de disparo de la floración en un punto dado por cierta combinación específica de factores. La floración en sí misma, ^{FIG. 13 y 54 TES.} durará más tiempo en

tanto se conserven las condiciones ideales posteriores al "disparo" y en función del vigor que las plantas hayan acumulado durante el periodo vegetativo previo inmediato.

Es de observarse que únicamente Papantla muestra en su gráfica ^{FIG. 25} una sequía absoluta (curva de la precipitación por debajo de la de temperatura), condición que puede comprometer severamente el vainillal por el daño provocado a las raíces. Pensamos que la gráfica refleja un cambio de clima en esa localidad, y que esta sequía absoluta, no existía en el pasado reciente o duraba menos. Además, la sequía relativa es común denominador en todas las estaciones vainilleras estudiadas, y se presenta en la forma que acabamos de describir, y si Papantla es el principal productor de "calidad", puede estar produciendo su excelente vainilla cerca de los valores límites al establecimiento de daños permanentes por sequía, pero no "dentro de ellos", pues es bien sabido que si la sequía y la floración se prolongan juntas, la debilidad subsecuente de las plantas o bien acaba con el vainillal, o compromete severamente su potencialidad productiva posterior.

El incremento de las temperaturas y la precipitación, marca la substitución de la floración por el crecimiento vegetativo y el desarrollo de los frutos. Si hay exceso de lluvia inmediato a la floración, ^{FIG. 67} las flores, aún fecundadas, pueden caer. Si la lluvia y la temperatura son excesivas, el crecimiento puede verse comprometido por evapotranspiración excesiva y plagas de insectos succionadores de savia. Y si en otoño llueve demasiado, el anegamiento en caso de drenaje deficiente, o el desarrollo de hongos patógenos en las raíces, pueden acabar también con la plantación, y los frutos se manchan y maduran en forma dispareja.

A partir de la tabulación de los datos y los resultados de los cálculos que requiere la construcción de las gráficas de "Balance Hídrico" pueden deducirse o fijarse, artificialmente, intervalos de tolerancia, valores y/o condiciones tipo para cada variable, los cuales brindan una aproximación a la descripción del sistema climático de la vainilla.

De la comparación conjunta tabulada (Véanse las Tablas al final de este apartado) de las estaciones de Madagascar y México (para algunas de las cuales se evaluaron dos periodos por separado) se obtiene lo siguiente, haciendo la aclaración de que los resultados son condicionales a la muestra estadística original por lo que si se quieren extrapolar, deben utilizarse con precaución:

LATITUD/ Para encontrar el equivalente latitudinal de Antalaha, Madagascar en México, hay que considerar que el hemisferio norte es climatológicamente diferente que el sur en función de la mayor magnitud de sus áreas continentales, por lo que existe una fuente de variación, no se trata simplemente de pasar de un lado a otro del ecuador. La latitud media de la zona vainillera de Madagascar es de $15^{\circ}54'$ y en México de $20^{\circ}00'14''$. de la diferencia entre ambas se obtiene un factor de corrección que aplicado a la latitud de Antalaha, daría en México un equivalente de $18^{\circ}59'14''$, latitud del Pico de Orizaba, definitivamente no vainillera. El mismo factor, aplicado al promedio de Madagascar, da un desplazamiento de 1 grado hacia el norte $19^{\circ}59'14''$, latitud de Tlapacoyan, lo cual no es casual, e indica que los alrededores del paralelo 20° N. enmarcan la mejor zona vainillera de México. (Volveremos sobre esto en otra sección posterior).

LONGITUD/ Considerado en forma aislada este parámetro carece de valor analítico. Ya hemos explicado qué características debe reunir en conjunto una determinada posición geográfica para producir vainilla al comparar México y Madagascar. (véase más atrás CLIMATOLOGIA DE LA VAINILLA, texto y mapas).

ALTITUD/ Mínima, casi el nivel del mar, media 200 m ; máxima variable en función de las temperaturas mínimas extremas (no debe haber heladas) y de una marcha anual óptima de las temperaturas medias.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL/ ideal 24.0°C ; intervalo de tolerancia ideal 23.6 a 24.2°C

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL/ ideal 1800 a 2500 mm; pero si la nubosidad y la humedad son altas puede ser de 1500 a 1800mm (uniformemente repartida durante 10 meses del año).

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL/ ideal 1140 a 1500 mm , mínima 997 mm sin deshidratación total del sustrato (valores extremadamente relativos pues esto depende definitivamente de las necesidades de la vegetación de cada tipo de plantación establecido y el margen de variación es enorme).

SUPERÁVIT HÍDRICO TOTAL ANUAL/ Suficiente y repartido todo el año para que el suelo, ni se seque, ni permanezca empapado por periodos prolongados o

sufriendo un lavado excesivo de sales solubles.

DÉFICIT HÍDRICO TOTAL ANUAL/ ideal, que no exista, y si se presenta, que sea reducido y dure muy poco tiempo.

EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL/ ideal que sea exactamente igual a la potencial o muy poco inferior.

ESCURRIMIENTO ANUAL/ ideal 11.5 % de la PTA, durante 10 meses del año, si ésta es óptima. Intervalo de tolerancia 10-15 %.

RELACIÓN PLUVIAL ANUAL/ Siempre positiva, no menor de -0.28, por mes.

ÍNDICE PLUVIAL ANUAL/ ideal 30-50, se toleran superiores, inferiores no.

CATEGORÍA DE LA HUMEDAD/ ideal B1-B2 (Ligera a moderadamente húmedo), se toleran B3, B4-A (Húmedo, Muy húmedo y Perhúmedo) hacia el máximo, y a partir de C2 (semihúmedo) que es el mínimo, el resto requieren riego.

ÍNDICE DE ARIDEZ/ ideal 0; se toleran menores de 16.7 %.

ÍNDICE DE HUMEDAD/ mayor o igual a 20%.

RÉGIMEN DE LA HUMEDAD/ Preferentemente sin déficit, o con déficit pequeño menor de 16.7 (r-w).

CATEGORÍA DE LA TEMPERATURA/ ideal A' (Cálido), más de 1140 mm de EVPOT anual ya corregida.

CONCENTRACIÓN TÉRMICA EN VERANO/ Ideal menor de 40, (siempre a').

SUPERÁVIT DE LA PRECIPITACIÓN/ Depende de cuanto se almacene realmente en el suelo y de como se reparte durante el año la precipitación.

OSCILACIÓN ANUAL DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES/ Ideal 7.8 o menor, tolerancia 5 a 9 ° C. (Esto da climas que van desde isotermales hasta extremos, según García, 1973).

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MÍNIMA/ Ideal que no baje de 19°C, tolerancia 18-20°C, tolerancia máxima 16°C.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MÁXIMA/ Ideal no más de 27°C, tolerancia máxima en condiciones productivas 30°C (Según Papadakis, 1960).

PRECIPITACIÓN DEL MES MÁS SECO/ ideal, superior a 70 mm

PRECIPITACIÓN DE INVIERNO/ intervalo relativo 200-500 mm

PRECIPITACIÓN DE PRIMAVERA/ intervalo relativo 300-400 mm

PRECIPITACIÓN DE VERANO/ intervalo relativo 600-700 mm

PRECIPITACIÓN DE OTOÑO/ intervalo relativo 700-1000 mm

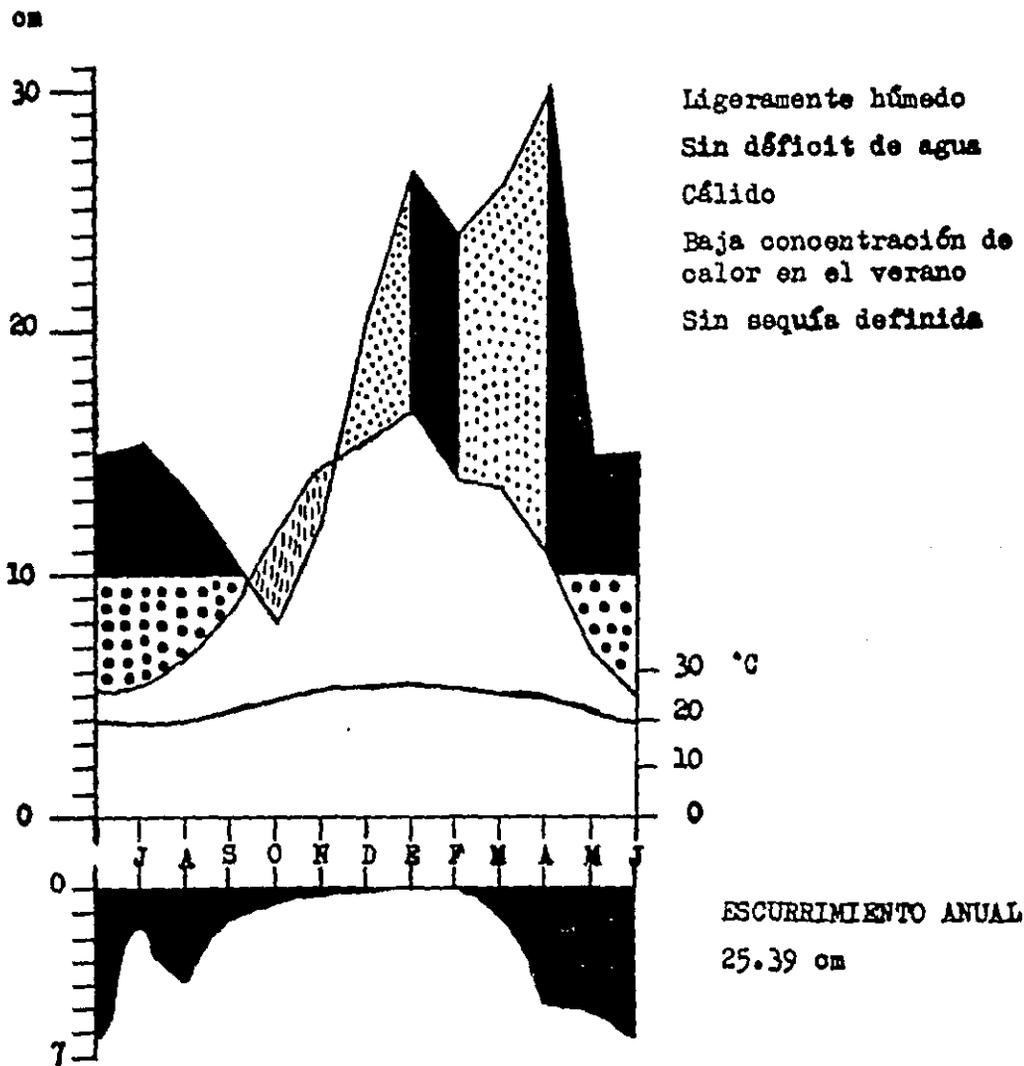
PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL/ aproximadamente 300 mm , valores mayores reducen la concentración de sales solubles del sustrato en que se desarrolla la raíz y perjudican la adsorción.

RESERVA TOTAL ANUAL DEL SUELO/ Ideal 950-1150 mm

A continuación, muestro las gráficas de Balance Hídrico-Hombrotermograma de las localidades estudiadas. Su interpretación conjunta se presenta más adelante en la sección de "Diagnóstico Ecológico", puesto que para su comprensión y correcta interpretación, se hace necesario tocar antes otros tipos de sistemas climáticos y observaciones específicas que les conciernen con respecto a la vainilla.

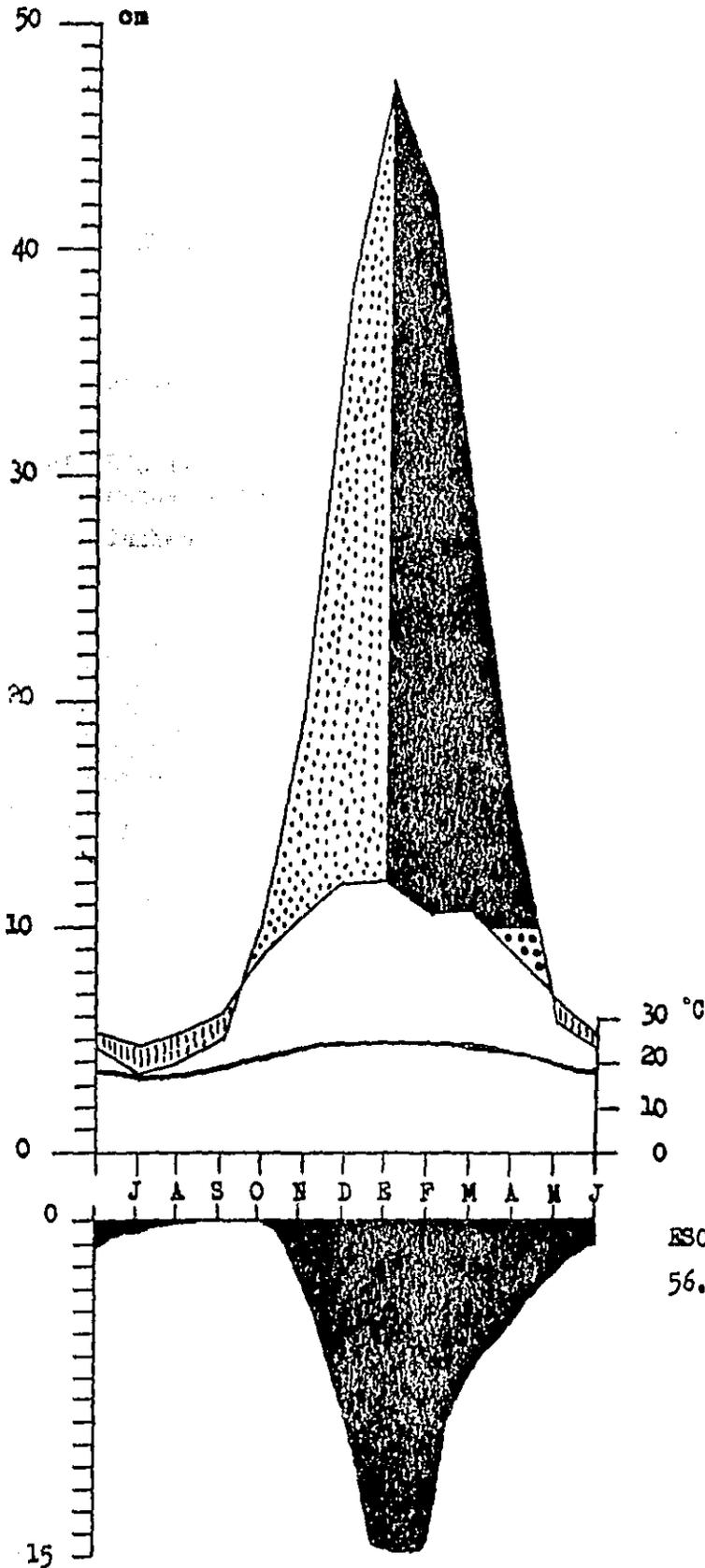
ANTALANA, TAMATAVE, REPUBLICA MALAGACHE, BALANCE HIDRICO-CLIMATICO

Latitud:	14° 53' Sur	Recarga pluvial	⊗
Longitud:	50° 15' Este	Exceso de agua	●
Altitud:	295 msnm	Reserva del suelo	⊕
Periodo:	1938-1972	Evapotranspiración potencial	○
Fórmulas:	$B_1 RA'a'$	Sequía relativa	⊗
Fuente:	Wernstedt, 1972	Temperatura media	◐



HELL-VILLE, IS. NOSSY-BE, DIEGO SUÁREZ, REPÚBLICA MALAGACHE

BALANCE HÍDRICO-OMBROTERMOGRAMA:



13° 24' Sur
 48° 17' Este
 62 msnm
 1946-1972
 B₃rB' 4 a'
 Wernstedt, 1972

Húmedo
 Sin déficit de agua
 Semicálido
 Baja concentración de
 calor en el verano
 Sin sequía definida

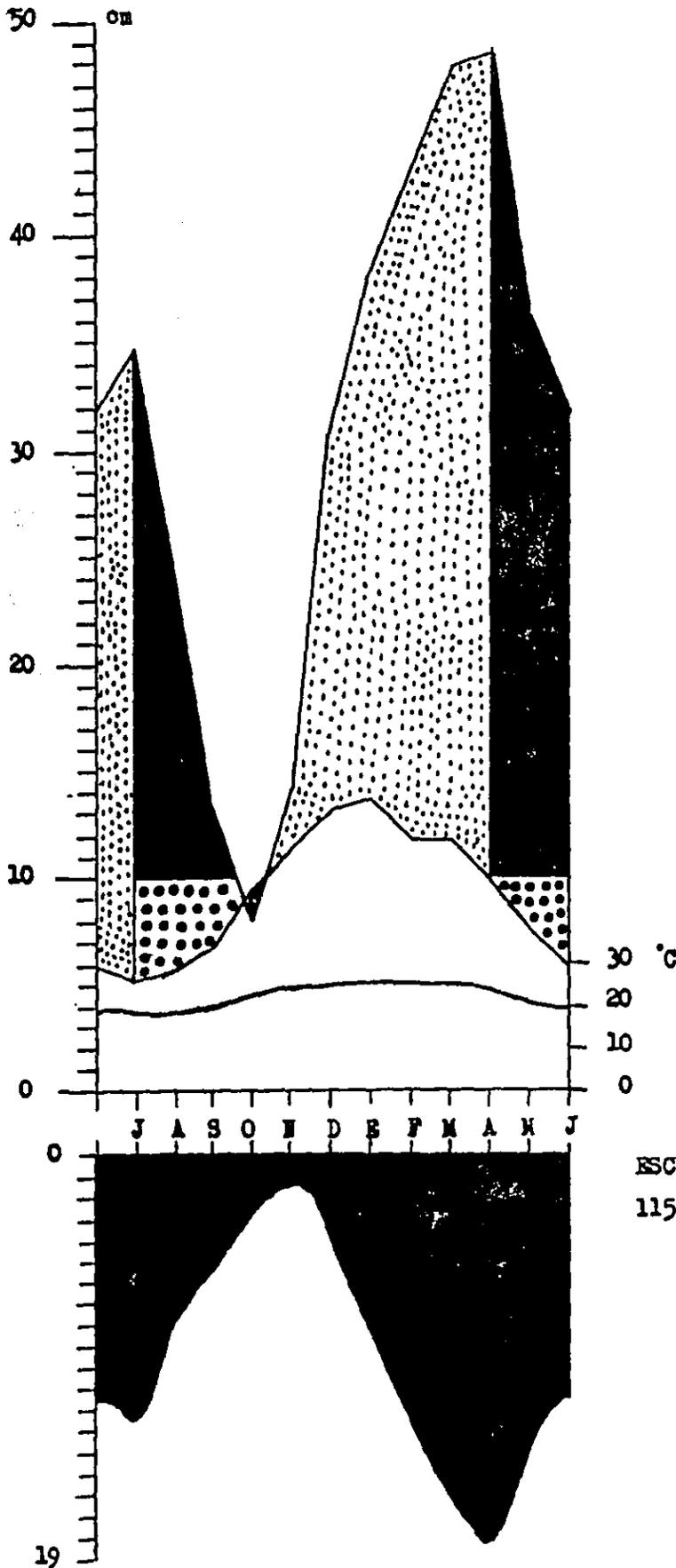
ESCURRIMIENTO ANUAL
 56.94 cm

MAROANTSETRA, TAMATAVE, REPÚBLICA MALAGACHE, BALANCE HÍDRICO-OMBOTERMOGRAMA

(217)

15°26' Sur
 49°44' Este
 7 msnm
 1952-1972
 ArB₄'
 Wernstedt, 1972

Perhúmedo
 Sin déficit de agua
 Semicálido
 Baja concentración de calor en el verano
 Sin sequía definida

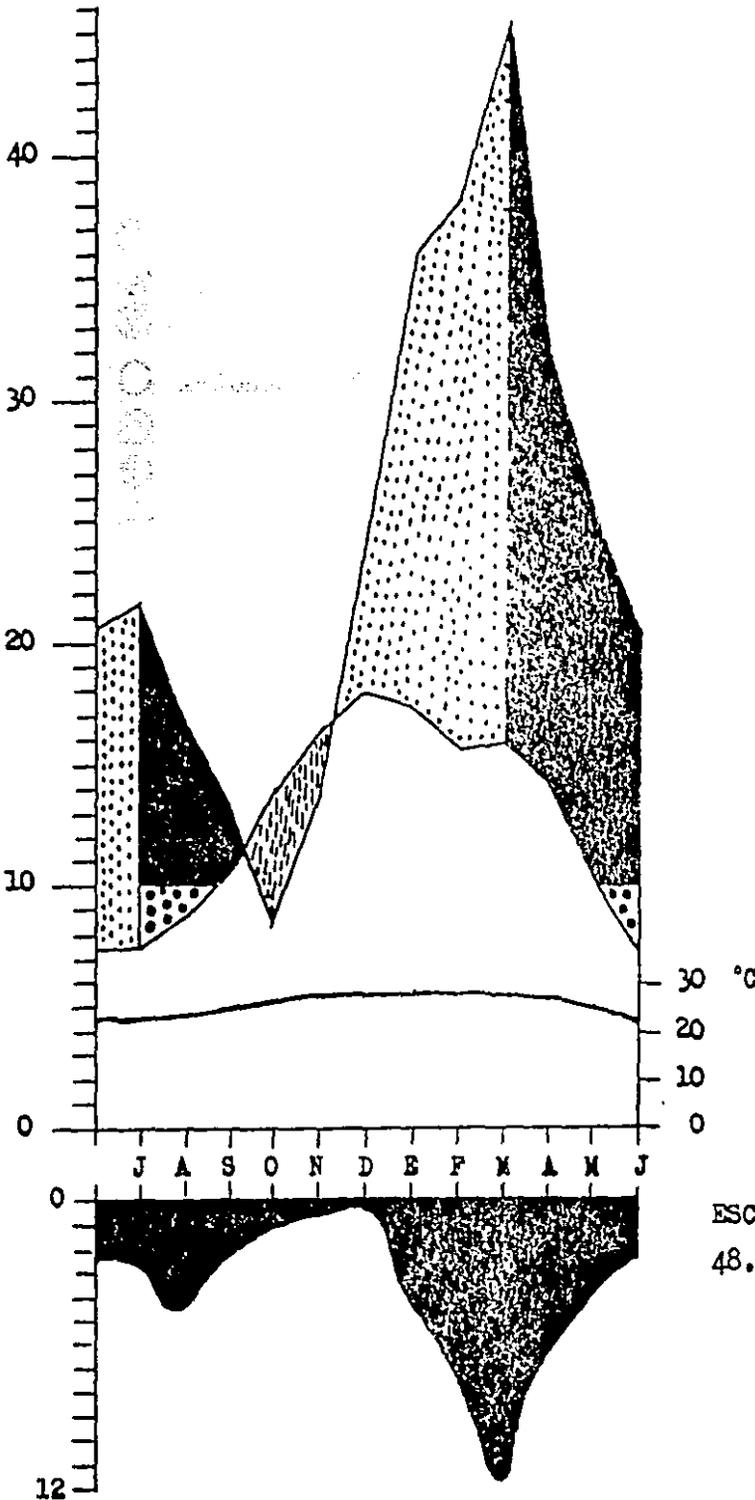


ESCURRIMIENTO ANUAL

115.49 cm

MAHANORO, ANTANANARIVO, REPÚBLICA MALAGACHE, BALANCE HÍDRICO-OMBROTERMOGRAMA:

cm



19° 54' Sur
 48° 49' Este
 95 mm
 1941-1972
 B₂FA's
 Wernstedt, 1972

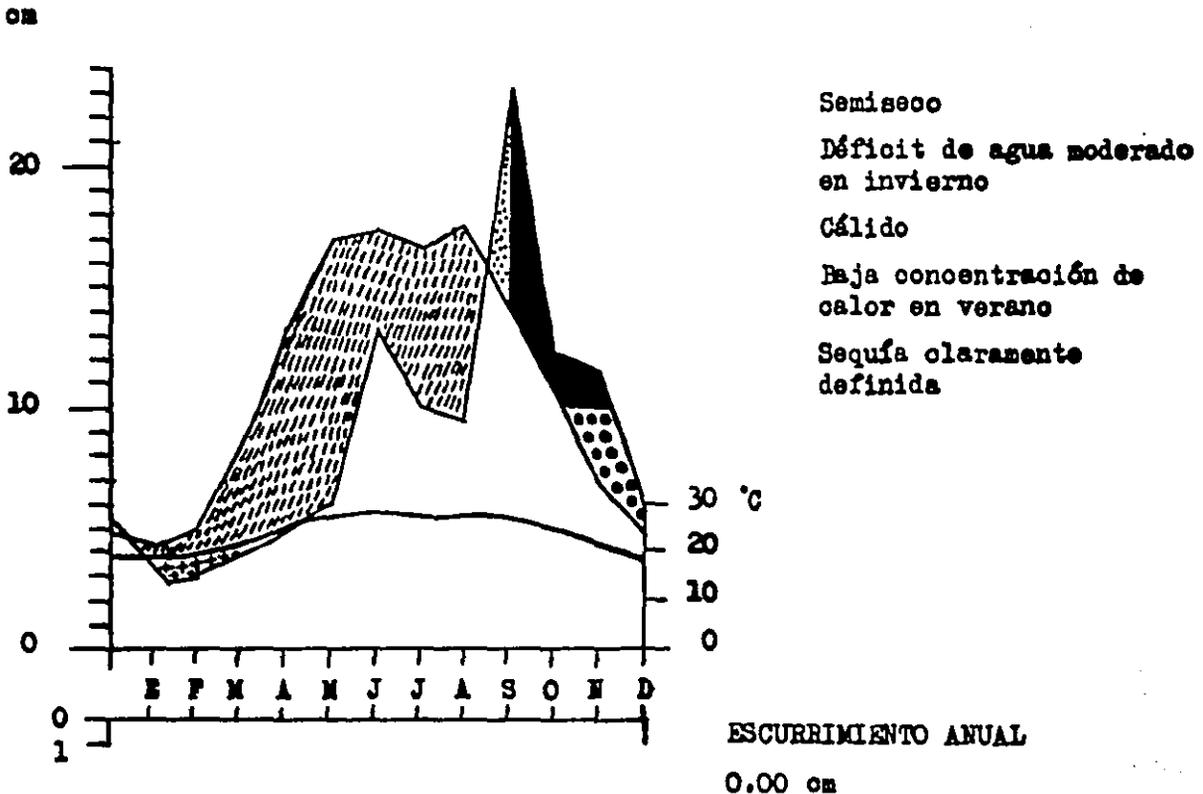
Moderadamente húmedo
 Sin déficit de agua
 Cálido
 Baja concentración de calor en el verano
 Sin sequía definida

ESCURRIMIENTO ANUAL
 48.69 cm

PAPANTLA, VERACRUZ, MÉXICO, BALANCE HÍDRICO-OMBROTHERMOGRAMA:

Latitud: 20°27' Norte
 Longitud: 97°19' Oeste
 Altitud: 298 msnm
 Periodo: 1950-1970
 Fórmula: $C_1 dA'a'$
 Fuente: S.M.N., 1982

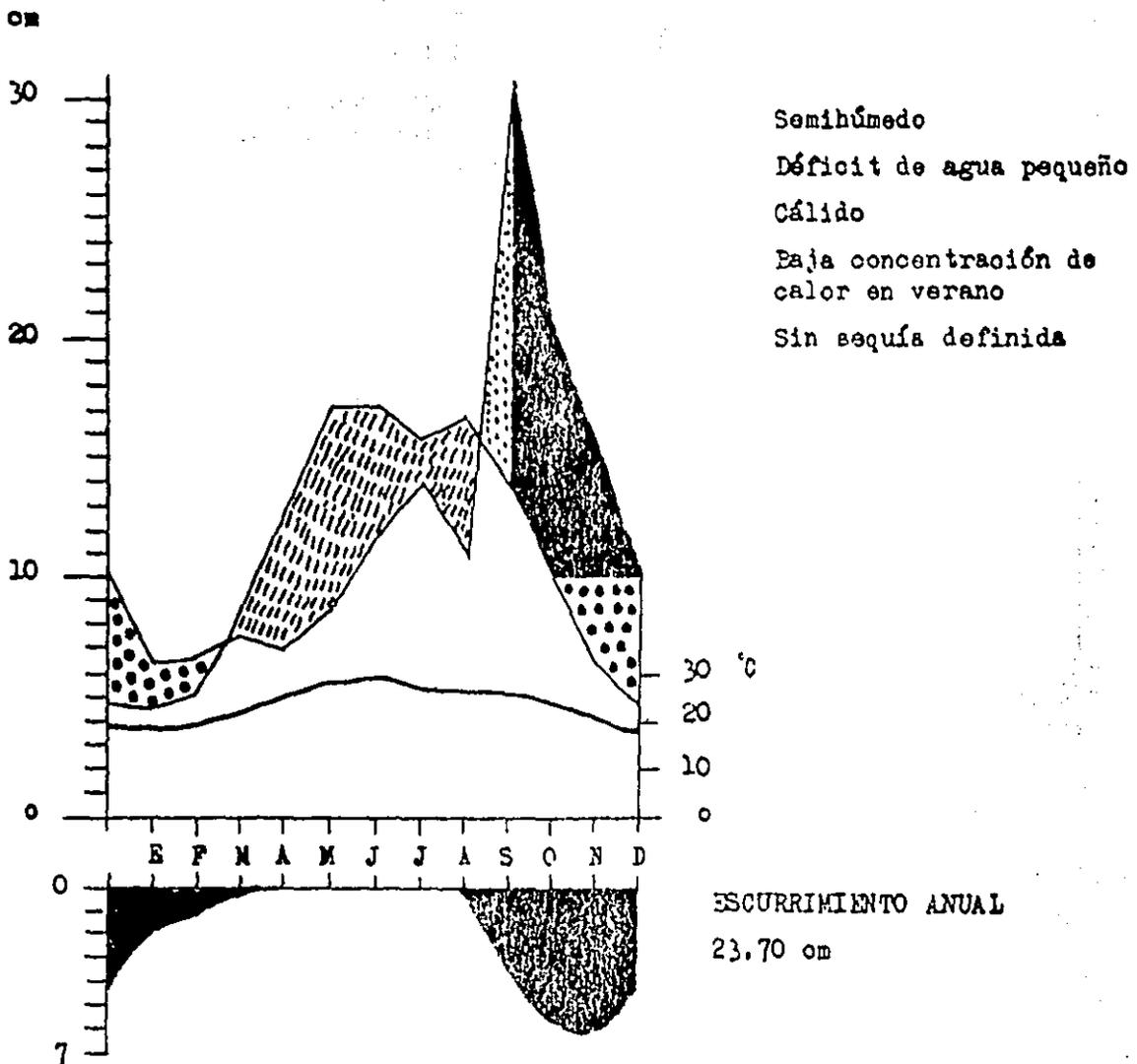
Recarga puvial
 Exceso de agua
 Reserva del suelo
 Evapotranspiración potencial
 Sequía relativa
 Sequía absoluta
 Temperatura media



VARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ, MÉXICO, BALANCE HÍDRICO-OMBROTÉRMOGAMA:

20°04' Norte
 97°03' Oeste
 152 msnm
 1945-1970
 C₂FA'a'
 S.M.N., 1982

6.5-1981
 1981
 S.M.N.



TECOLUTLA, VERACRUZ, MÉXICO, BALANCE-HÍDRICO-OMBROTERMOGRAMA:

20°30' Norte

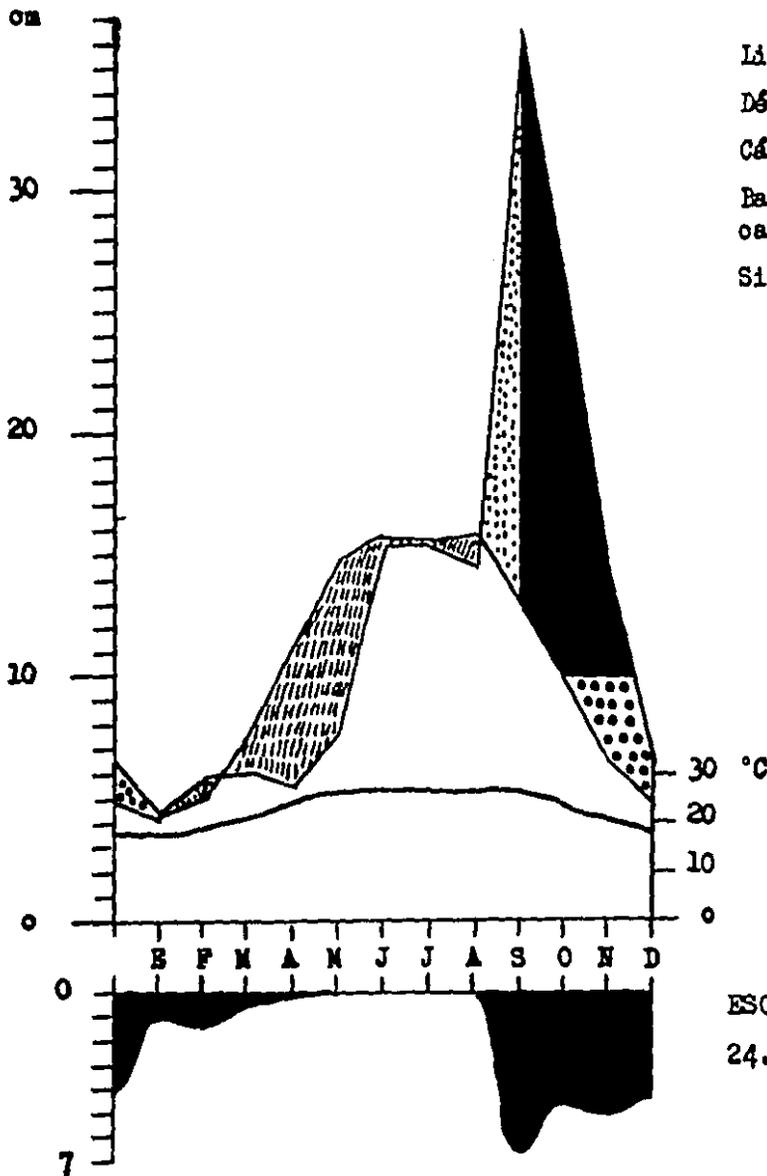
97°01' Oeste

3 msnm

1951-1970

B₁RA's'

S.M.N., 1982



Ligeramente húmedo
 Déficit de agua pequeño
 Cálido
 Baja concentración de calor en verano
 Sin sequía definida

ESCURRIMIENTO ANUAL
 24.60 cm

MISANTLA, VERACRUZ, MÉXICO, BALANCE HÍDRICO-OMBROTERMOGRAMA:

19°05' Norte

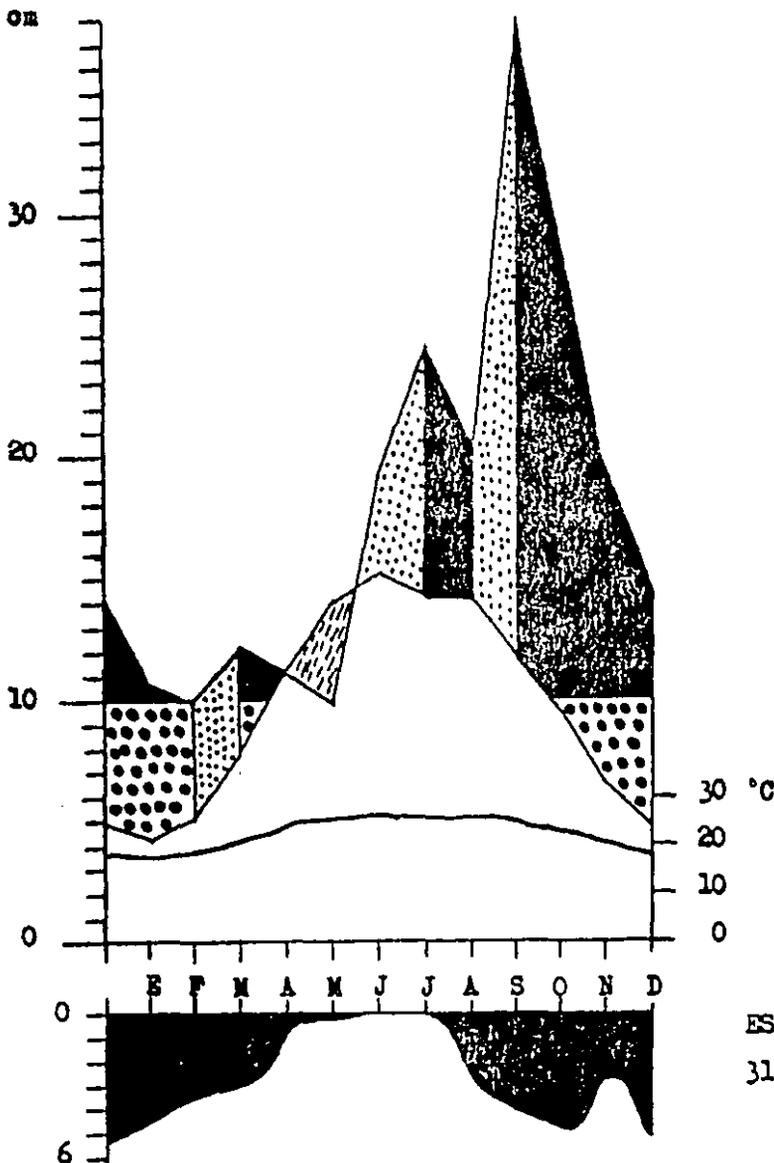
96°05' Oeste

410 msnm

1941-1970

B₁rA'a'

S.M.N., 1982

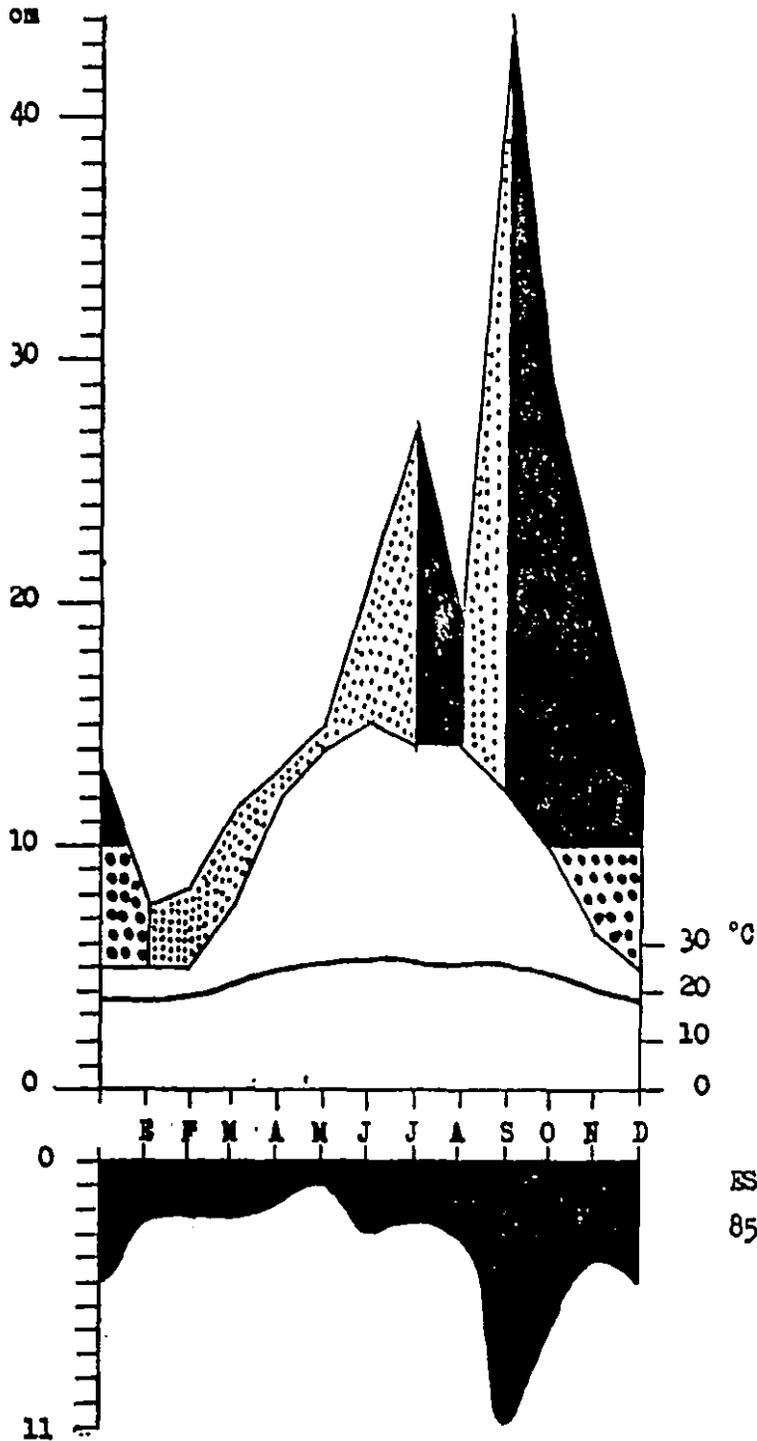


Ligeramente húmedo
 Déficit de agua pequeño
 Cálido
 Baja concentración de calor en verano
 Sin sequía definida

ESCURRIMIENTO ANUAL
 31.90 cm

PUENTE HENRÍQUEZ, VERACRUZ, MÉXICO, BALANCE HÍDRICO-OMBROTHERMOGRAMA

19°56' Norte
96°05' Oeste
510 msnm
1944-1960
B₂RA'a'
Garofa, 1973



Moderadamente húmedo
Sin déficit de agua
Cálido
Baja concentración de calor en verano
Sin sequía definida

ESCURRIMIENTO ANUAL
85.28 cm

FIGURA 30

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE G. WARREN THORNTONWAITE, 1948										
Y TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS CÁLCULOS QUE SE EMPLEAN										
ESTACIÓN METEOROLÓGICA		ANTALANA	MEXI-CILLE	MARABUETRA	MANAHUATTE	PAPANTLA	ALBUQUERQUE	TECOLOTLA	MISOHLA	PANMIGUÉ
PERÍODO		1938-1972	1946-1972	1952-1972	1941-1972	1950-1970	1915-1970	1951-1970	1941-1970	1944-1960
PUNTO DE DATOS TERMOPUVIOMÉTRICOS		WARMISTOT	WARMISTOT	WARMISTOT	WARMISTOT	SMN	SMN	SMN	SMN	GARCIA
E	ÍNDICE DE CALOR ANUAL	12838	10792	11670	12959	13012	12692	12372	12072	12108
E.R.	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL mm	12823	10663	1117.6	12450	9174	11981	11843	11213	11223
EVPOTC	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL CORREGIDA	12823	1016.3	1117.6	1249.5	353.4	1329.7	1242.8	1127.3	1192.3
R	RESERVA ANUAL mm	1102.8	1019.0	1141.4	1071.4	153.4	732.4	716.2	1146.5	1200.0
100 1972	VALOR % DE LA RESERVA EN LA PTA	50.66	45.69	30.80	36.22	19.39	48.72	45.21	53.01	52.48
S	SUPERÁVIT HÍDRICO TOTAL ANUAL mm	394.6	808.9	1698.4	702.8	0.0	352.5	299.1	472.8	694.2
100 1972	VALOR % DEL SUPERÁVIT EN LA PRECIP.	17.99	36.27	45.53	23.99	0.0	23.29	18.93	22.14	30.36
D	DÉFICIT HÍDRICO TOTAL ANUAL mm	0.0	0.0	0.0	0.0	436.9	168.5	56.5	87.9	0.0
100 1972	VALOR % DEL DÉFICIT EN LA PRECIPITACIÓN	0.0	0.0	0.0	0.0	40.98	11.13	3.69	4.06	0.0
Q	ESCURRIMIENTO TOTAL ANUAL mm	253.9	569.4	1134.9	186.9	0.0	237.0	246.4	319.0	852.8
100 1972	VALOR % DE ESCURRIMIENTO EN LA P.	11.66	25.53	30.96	16.76	0.0	15.66	15.55	14.75	37.30
RP	RELACIÓN PLUVIAL ANUAL	0.69	1.19	2.24	0.91	-0.21	0.14	0.27	0.82	0.92
Ih	ÍNDICE DE HUMEDAD EN %	128.73	101.63	111.76	154.95	0.0	26.51	24.72	40.33	58.22
Ia	ÍNDICE DE ARIDEZ EN %	0.0	0.0	0.0	0.0	32.28	12.67	4.71	7.40	0.0
Im	ÍNDICE PLUVIAL EN %	30.34	74.59	151.97	45.81	-19.37	18.91	21.29	35.69	58.22
Ct	CONCENTRACIÓN TÉRMICA EN VERANO	35.78	34.00	34.37	32.60	37.66	37.69	37.81	36.77	36.32
P ^{max}	PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL mm	301.0	475.0	465.6	454.9	232.0	308.1	364.1	380.5	438.3
P ^v	PRECIPITACIÓN DE PRIMAVERA mm	308.0	352.0	352.0	356.0	149.0	236.0	192.0	331.0	390.3
P ^v	PRECIPITACIÓN DE VERANO mm	723.0	1274	1124.0	977.0	326.0	371.0	454.0	639.0	670.4
P ^o	PRECIPITACIÓN DE OTOÑO mm	708.0	483.0	1332.0	1019.0	469.0	675.0	770.0	847.0	937.8
P ⁱ	PRECIPITACIÓN DE INVIERNO mm	438.0	1220	918.0	582.0	122.0	233.0	162.0	346.0	288.0
TMA	TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C	23.9	21.3	22.4	25.7	23.9	23.8	23.2	22.7	22.9
PTA	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL mm	2176.8	2230.1	3730.5	2952.8	1064.0	1513.7	1581	2162.8	2286.5
I	CATEGORÍA DE LA HUMEDAD	B ₁ húmedo	B ₂ húmedo	A ₁ super húmedo	B ₂ húmedo	C ₁ semi-seco	C ₁ semi-seco	B ₁ húmedo	B ₁ húmedo	B ₁ húmedo
II	RÉGIMEN DE LA HUMEDAD	r ₁ déficit								
III	CATEGORÍA DE LA TEMPERATURA	A ¹ calido	B ¹ semi-calido	B ¹ semi-calido	A ¹ calido					
IV	TIPO DE CONCENTRACIÓN DE VERANO	a ¹ baja								
Formula	CLIMA SEGÚN THORNTONWAITE 1948	B ₁ rA ¹ a ¹	B ₂ rB ¹ a ¹	A ₁ rB ¹ a ¹	B ₂ rA ¹ a ¹	C ₁ rA ¹ a ¹	C ₁ rA ¹ a ¹	B ₁ rA ¹ a ¹	B ₁ rA ¹ a ¹	B ₁ rA ¹ a ¹
E	EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL mm	273.6	251.8	261.7	289.8	275.1	273.9	268.6	244.9	245.8
100 1972	VALOR % DE LA EVAPORACIÓN EN LA PTA	12.57	19.29	7.02	9.79	25.81	18.09	16.96	12.25	11.62
PE	ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA ANUAL	B ¹ 95	B ¹ 100	A ¹ 170	B ¹ 121	C ¹ 45	B ¹ 66	B ¹ 69	B ¹ 97	B ¹ 101
TE	ÍNDICE DE ENERGÍA TÉRMICA ANUAL	A ¹ 129	B ¹ 115	B ¹ 121	A ¹ 139	A ¹ 130	A ¹ 129	B ¹ 125	B ¹ 123	B ¹ 124
P	PRECIPITACIÓN EFECTIVA VERANO	r ₁ 29.31	r ₁ 55	r ₁ 47.59	r ₁ 39.41	r ₁ 13.70	r ₁ 16.29	r ₁ 18.33	r ₁ 26.38	r ₁ 28.41
t	TEMPERATURA EFICIENTE EN VERANO	b ¹ 36	a ¹ 33	a ¹ 34	b ¹ 37	b ¹ 37	b ¹ 37	b ¹ 36	b ¹ 35	b ¹ 35
Formula	CLIMA SEGÚN THORNTONWAITE 1931-1933	B ₁ rA ¹ b ¹	B ₂ rB ¹ b ¹	A ₁ rB ¹ a ¹	B ₂ rA ¹ b ¹	C ₁ rA ¹ b ¹	B ₁ rA ¹ b ¹			

FIGURA 31

DATOS COMPLEMENTARIOS PARA EL ESTUDIO DE LAS TENDENCIAS CLIMATOLÓGICAS DE ALGUNAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DEL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO					
ESTACIÓN METEOROLÓGICA		1	2	3	4
PERÍODO DE REGISTRO		PAPANTLA	MOCTEZUMA	TECOXTLA	MISANTLA
FUENTE DE DATOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS		1929-1960	1905-1960	1951-1960	1925-1960
		GARCIA	GARCIA	GARCIA	GARCIA
I	ÍNDICE DE CALOR ANUAL	129.96	129.73	128.21	119.09
EYPOTC	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL CORRENDA mm	1304.6	1332.4	1308.8	1122.2
R	RESERVA ANUAL mm	186.8	812.4	692.5	1163.6
$\frac{100}{197.1}$	VALOR % DE LA RESERVA EN LA PTA.	15.97	46.60	32.06	51.14
S	SUPERÁVIT HÍDRICO TOTAL ANUAL mm	22.4	370.4	342.8	692.3
$\frac{100}{197.1}$	VALOR % DEL SUPERÁVIT EN LA PTA.	2.34	21.25	24.15	30.64
D	DÉFICIT HÍDRICO TOTAL ANUAL mm	396.6	157.1	162.3	36.4
$\frac{100}{197.1}$	VALOR % DEL DÉFICIT EN LA PTA.	33.90	9.06	9.80	1.60
Q	ESCURRIMIENTO TOTAL ANUAL mm	20.6	288.9	242.1	410.4
$\frac{100}{197.1}$	VALOR % DEL ESCURRIMIENTO EN LA PTA.	1.76	16.57	14.24	21.11
R.R.	RELACION PLUVIAL ANUAL	-0.10	0.30	0.30	0.93
Ih.	ÍNDICE DE HUMEDAD EN %	2.10	27.70	26.25	59.18
Ia.	ÍNDICE DE ARIDEZ EN %	30.40	11.75	12.77	3.09
Iv.	ÍNDICE PLUVIAL EN %	39.30	20.65	18.59	57.33
Ct.	CONCENTRACIÓN TÉRMICA EN VERANO	38.64	36.07	37.53	37.15
P _{max.}	PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN mm	265.8	302.4	464.8	392.2
PP	PRECIPITACIÓN DE PRIMAVERA mm	157.0	502.0	181.0	351.0
PV	PRECIPITACIÓN DE VERANO mm	360.0	312.0	402.0	650.0
P ^o	PRECIPITACIÓN DE OTÑO mm	515.0	702.0	961.0	892.0
PI	PRECIPITACIÓN DE INVIERNO mm	132.0	216.0	156.0	380.0
TMA.	TEMPERATURA MEDIA ANUAL °C	24.0	24.0	23.8	18.7
PTA.	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL mm	1169.9	1743.4	1706.6	2235.5
I	CATEGORÍA DE LA HUMEDAD	B ₁ húmedo	B ₁ húmedo	C ₂ semi-húmedo	B ₁ húmedo
II	RÉGIMEN DE LA HUMEDAD	húmedo intermitente	húmedo	semi-húmedo	húmedo
III	CATEGORÍA DE LA TEMPERATURA	A' cálido	A' cálido	A' cálido	A' cálido
IV	TIPO DE CONCENTRACIÓN DE VERANO Ct.	2' BAJA	2' BAJA	2' BAJA	2' BAJA
Fórmula	CLIMA SEGUN THORNTHWAITE 1948	B ₁ w A' a'	B ₁ w A' a'	C ₂ w A' a'	B ₁ w A' a'
TEMP.	TEMPERATURA \bar{x} MENSUAL MÁXIMA °C	27.6	27.9	27.5	26.9
TEMP.	TEMPERATURA \bar{x} MENSUAL MÍNIMA °C	18.9	19.1	19.0	17.9
OSC.	OSCILACIÓN DE LA TEMP. \bar{x} MENS. EN °C	8.7 (C)	8.8 (C)	8.5 (C)	9.0 (C)
P ₁₂ M ₂	PRECIPITACIÓN \bar{x} DEL MES MAS SECO mm	32.3	61.1	37.9	110.9
PIT	ÍNDICE DE LANS (1915) COCIENTE %	W ₁ 49	W ₁ 73	W ₁ 72	W ₁ 100
ER	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN mm	968.6	1097.8	1139.2	1178.2

APLICACIÓN DEL MÉTODO AGROCLIMÁTICO DE ARMANDO L. DE FINA, 1950

Según de Fina (Gómez Rojas, 1981) diez condiciones atmosféricas bastan para determinar el éxito de cualquier cultivo. Estas, pueden resumir se combinando cinco factores termopluviométricos, fáciles de obtener, con los cuales se caracteriza suficientemente el clima, mediante la notación de un sistema sencillo en forma de quebrados, a saber:

QUEBRADO TÉRMICO	QUEBRADO PLUVIOMÉTRICO	
ORDEN; o número de la categoría térmica estival (tablas), dado por la temperatura media mensual más alta del año	GÉNERO; o número de la categoría pluviométrica estival (tablas), dado por la precipitación total media en el trimestre más caluroso del año	SIGNO: Cualificación % de la precipitación semestral restante
FAMILIA; o número de la categoría térmica invernal (tabl.) dado por la temperatura media mensual más baja del año	ESPECIE O DISTRITO; o número de la categoría pluviométrica invernal, dado por la precipitación media en el trimestre más frío del año	

FIGURA 32

Las temperaturas medias mensuales son agrupadas en 45 categorías térmicas que van de dos en dos grados centígrados en tablas de consulta. Sólo usamos:

temperatura media	categoría
16 a 17.9 °C	35
18 a 19.9 °C	36
20 a 21.9 °C	37
22 a 23.9 °C	38
24 a 25.9 °C	39
26 a 27.9 °C	40

FIGURA 33

que son las que definen los valores del quebrado térmico. En lo que respecta a las precipitaciones medias del trimestre más caluroso o más frío del año, se establecieron 10 categorías pluviométricas, de las que usamos las siguientes, también tomadas de tablas que De Fina construyó para el caso:

precipitación trimestral | cat.

100 a 199.9 mm	3
200 a 349.9 mm	4
500 a 699.9 mm	6
700 a 899.9 mm	7
900 a 1199.9 mm	8
1200 mm o más	9

FIGURA 34

que a su vez definen el quebrado pluviométrico. Por último, el porcentaje de precipitación media en el semestre restante del año, con respecto a la caída en el semestre constituido por los trimestres más caluroso y frío, y que se considera como base, 100 % y que da el signo:

para un por ciento de precipitaciones de 50 a 199.9 : (sin signo)
para un por ciento de precipitaciones de 200 a 399.9 : (+)

Los valores obtenidos para el quebrado térmico, el pluviométrico y el signo de cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas por nosotros, se anotan enseguida:

TABLA DE DATOS DEL MÉTODO DE ARMANDO L. DE FINA

LOCALIDAD UBICACIÓN FUENTE	T. MAX ORDEN	T. MIN FAMILIA	P. ESTIVAL GENERO	P. INVERNAL ESPECIE	% SIGNO
ANTALABA TAMATAVE Wernstedt	27.3 40	19.5 36	722.7 7	654.8 6	58.00 -
HELL-VILLE DIEGO SUÁREZ Wernstedt	24.2 39	17.2 35	1273.6 9	121.7 3	59.80 -
MAROANTSETRA TAMATAVE Wernstedt	25.4 39	18.7 36	1124.0 8	917.5 8	82.70 -
MAHANORO ANTANANARIVO Wernstedt	27.6 40	22.6 38	996.9 8	587.0 6	86.80 -
PAPANTLA VARACRUZ S.M.N.	27.7 40	18.3 36	325.7 4	121.7 3	138.30 -
M. DE LA TORRE VERACRUZ S.M.N.	27.7 40	18.6 36	371.0 4	232.9 4	150.70 -
TECOLUTLA VERACRUZ S.M.N.	26.9 40	17.9 35	454.0 5	167.4 3	154.90 -
MISANTLA VERACRUZ S.M.N.	26.6 40	17.7 35	638.6 6	346.1 4	119.60 -
PTE. HENRÍQUEZ VERACRUZ Garofa	26.5 40	18.7 36	670.4 6	288.0 4	138.60 -

REPÚBLICA MALAGACHE

LOCALIDAD	PROVINCIA	PERÍODO	QUEBRADO TÉRMICO	QUEBRADO PIUOMÉTRICO
			ORDEN FAMILIA	GÉNERO DISTRITO
<u>ANTALAHA</u> , Tamatave (1938-1972)			40/36	7/6
<u>HELL-VILLE</u> , Diego Suárez (1946-1972)			39/35	9/3
<u>MAROANTSETRA</u> , Tamatave (1952-1972)			39/36	8/8
<u>MAHANORO</u> , Antananarivo (1941-1972)			40/38	8/6

REPÚBLICA MEXICANA

LOCALIDAD	ESTADO	PERÍODO	QUEBRADO TÉRMICO	QUEBRADO PIUOMÉTRICO
			ORDEN FAMILIA	GÉNERO DISTRITO
<u>PAPANTLA</u> , Veracruz (1950-1970)			40/36	4/3
<u>MARTINEZ DE LA TORRE</u> , Ver. (1945-1970)			40/36	4/4
<u>TECOLUTLA</u> , Veracruz (1951-1970)			40/35	5/3
<u>MISANTLA</u> , Veracruz (1941-1970)			40/35	6/4
<u>PUNTE HENRÍQUEZ</u> , Veracruz (1944-1960)			40/36	6/4

EXPLICACIÓN, NOTAS Y CONCLUSIONES AL MÉTODO DE FINA APLICADO A LA AGRICULTURA Y A LA VAINILLA

Cada planta, especie o variedad de cualquier cultivo, tiene una forma fisiológica específica de responder a las variables meteorológicas o a las normales climáticas. Esto quiere decir, por ejemplo, que si una planta x ve altamente resentida su producción de frutos por un cambio térmico o hídrico amplio, o brusco, otra planta y , en cambio, puede no resentir ningún efecto ante tal cambio climático (al menos en lo que respecta a su fructificación). Por ello, la utilización generalizada del método agroclimático De Fina, estrictamente hablando, puede ser muy útil en ciertos casos y muy restringida en otros y así, se constituye en una valiosa, pero insuficiente aportación a la predicción y administración de la agricultura. Si bien es cierto que se simplifica notablemente la aplicación de los datos meteorológicos y se afina la precisión de dicha aplicación,

el método, al igual que las clasificaciones climatológicas más conocidas, adolece en menor escala, de los defectos que todas ellas poseen, al establecer intervalos de categorías de valores rígidos y simplistas que están al margen de la distribución real de los vegetales; no son naturales. Dejemos de lado el hecho de que el éxito agrícola de un cultivo dado no dependa únicamente de los factores que De Fina utiliza, de todos modos habrá cambios del tipo de suelo y de la infraestructura agrícola disponible en cada localidad que alterarán cualquier apreciación. Así, el planteamiento teórico previo, nos permitía esperar el hecho de que existieran ciertos cultivos -y así sucedió con la vainilla- que ocuparan exitosamente varias fórmulas climáticas o quebrados diferentes de De Fina, lo que indica que para este cultivo -y probablemente otros muchos-, existen aspectos importantes del clima que no contempla definitivamente su clasificación. La relevancia de éstos, puede en un momento dado, exigir bastante más detalle y por supuesto, factores nuevos en los cálculos.

La pretensión de establecer "áreas ideales" donde solo se permitan "ciertos cultivos" a la manera de Gómez Rojas (1981), quien se fundamenta en el método de Fina, es una legítima aspiración de la llamada "simplificación administrativa" del gobierno mexicano, pero representa en cierto modo, la ignorancia ecológica de los proyectos administrativos (se ha llegado inclusive a limitar el crédito al agro); el ambiente es dinámico y cambiante. El hecho de que se puedan encontrar las bases para recomendar sólo ciertos cultivos en un área dada es real, pero como criterio administrativo sólo tiene una vigencia temporal y exige mayor estudio de los detalles. El establecimiento de sólo cierto tipo de cultivos reduce la fertilidad que los suelos locales tienen para éstos (especialmente después de 2 o 3 cosechas de monocultivo), por lo que el suelo habrá cambiado lo suficiente como para que se requieran nuevos cálculos que con toda seguridad brindarán óptimos y áreas diferentes. Es por esto en principio que la rotación de cultivos tiene una base ecológica y sabemos además que dependiendo de la vegetación y cultivos permitidos, las condiciones microclimáticas pueden cambiar bastante, no debiendo ser osificadas en un sistema burocrático rígido que sólo detiene y deteriora las posibilidades productivas.

Sin embargo, un aspecto bastante interesante del método de Fina y que nunca ha sido empleado, radica en utilizarlo a la inversa una vez que se cuenta con un conjunto suficientemente significativo de quebrados relacionados con el cultivo que nos ocupa. Hicimos esto en forma un tanto heterodoxa para la vainilla, calculando orden, familia, género, distrito y signo, de las siguientes estaciones: Antalaha, Hell-Ville, Maroantsetra, y Mahanoro (periodos dados por Wernstedt, 1972), y para Papantla, Martínez de la Torre, Tecolutla, Misantla y Puente Henríquez (periodos dados por García, 1973); Papantla, Martínez de la Torre, Tecolutla y Misantla (periodos dados por el S.M.N., 1982), y Misantla y Tecolutla (datos de Bouriquet, 1954). Y así calculamos valores modales o promedios que llevados a las tablas de consulta permiten obtener las siguientes constantes:

FIGURA 36

VALORES ÓPTIMOS PARA LA VAINILLA DE LOS PARÁMETROS QUE MANEJA DE FINA EN SU MÉTODO, EMPLEÁNDOLO A LA INVERSA

Parámetro	(\bar{x}) Valor medio	(Mo) Valor modal
Temperatura máxima media mensual	24.1 °C	26.0 °C
Temperatura mínima media mensual	16.2 °C	18.0 °C
Precipitación del trimestre más caluroso del año	504.0 mm	850.0 mm
Precipitación del trimestre más frío del año	204.0 mm	275.0 mm
Precipitación semestral restante	120.98 %	117.89 %
Precipitación semestral restante	856.5 mm	1326.3 mm
Precipitación total media anual	1564.5 mm	2451.3 mm

El aspecto cuestionable, radica precisamente en la representatividad estadística real de estos valores. Sin embargo, si los quebrados empleados para los cálculos corresponden en cada caso a localidades cuya calidad y cantidad de producción de vainilla son conocidas, lo que hemos hecho relativamente hasta ahora, entonces podrían obtenerse valores extremadamente exactos. Es un razonamiento tautológico, pero resulta muy simple y ayuda a alcanzar los objetivos y a conocer los defectos del método. Cabe aclarar que la denominada precipitación semestral restante, o "signo", tiene gran importancia en la pluviosidad típica de otoño de éstas estaciones tropicales monzónicas, y el método de Fina, no ofrece elementos suficientes como para evaluarla en detalle para el caso particular de la vainilla, aunque nos brinde así empleado, información standard adicional.

APLICACION DE LOS INDICES DE CARACTERIZACION CLIMATICA TERMOPLUVIOMETRICA DE R. LANG, 1920 Y DE EGMANUEL DE MARTONNE, 1940.

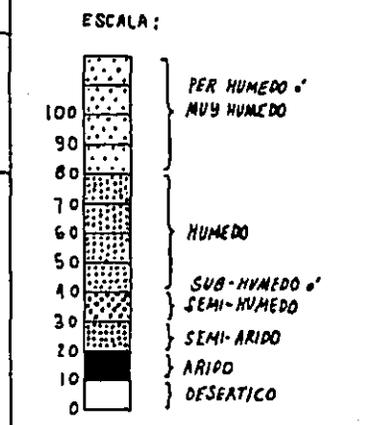
(Según: Papadakis, 1960; Papaloapan, Comisión del, 1975; y Madersey, 1982)

Para caracterizar la humedad de un clima, Lang propuso en 1920 un índice que lleva su nombre y que consiste en dividir la precipitación total anual, sobre la temperatura media anual (P/T). Como el método no es aplicable cuando esta última está por debajo de 0°C, De Martonne, elaboró en 1940 una modificación que añade 10 unidades a la temperatura (P/T+10) y rebautizó al índice como "Índice de Aridez", en forma un tanto impropia pues to que el incremento de aridez es inversamente proporcional al incremento de valores del índice. Sólomente cuando los valores son de 40 unidades o me- nos, son considerados los climas sub-húmedos, semi-áridos, áridos o desérti- cos respectivamente. Con todo, ambos métodos tienen todavía gran aceptación o forman parte de los cálculos de clasificaciones climáticas más elaboradas.

REPÚBLICA MALAGACHE

Localidad	Distrito	Período	Índice de Lang P/T	Tipo de Vegetación
ANTALAHA	Tamatave	1938-1972	91	Bosque húmedo
HELL-VILLE	Diego Suárez	1946-1972	105	Selva lluviosa
MAROANTSETRA	Tamatave	1952-1972	167	Selva lluviosa
MAHANORO	Antananarivo	1941-1972	115	Selva húmeda

Localidad	Índice de Aridez P/T+10	Nomenclatura
ANTALAHA	64	Húmedo
HELL-VILLE	71	Húmedo
MAROANTSETRA	115	Perhúmedo
MAHANORO	83	Muy húmedo



REPÚBLICA MEXICANA (Veracruz)

Localidad	Período	Índice de Lang P/T+10	Tipo de Vegetación
PAPANTLA	1950-1970	45	Sabana húmeda
MARTINEZ DE LA TORRE	1945-1970	64	Bosque húmedo
TECOLUTLA	1951-1970	68	Bosque húmedo
MISANTLA	1941-1970	94	Bosque húmedo
PUENTE HENRIQUEZ	1944-1960	100	Bosque húmedo - Selva

Localidad	Índice de Aridez P/T+10	Nomenclatura
PAPANTLA	31	Semi-húmedo
MARTÍNEZ DE LA TORRE	45	Húmedo
TECOLUTLA	48	Húmedo
MISANTLA	66	Húmedo
PUENTE HENRÍQUEZ	69	Húmedo

EXPLICACIONES, NOTAS Y CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS SISTEMAS DE LANG
Y DE MARTONNE

Para caracterizar los climas desde el punto de vista hídrico la lluvia sola no sirve. Lo que importa no es el agua que provee la lluvia, sino la relación entre esta agua y la que la planta necesita para su transpiración estando los estomas parcial o totalmente abiertos, para que no se dificulte la fotosíntesis. Las necesidades de las plantas dependen entonces, del déficit de saturación, y a temperaturas idénticas, corresponden déficit considerablemente diferentes, además, la relación entre la temperatura y la tensión máxima de vapor que sirve para medir dicho déficit, no es lineal (Papadakis, 1960).

El autor de la crítica previa (ob.cit.), aclara que en su propio método (empleado más adelante de acuerdo con las posibilidades de nuestros datos), tampoco se considera la humedad relativa y no obstante, logra obtener mediante tratamiento matemático, resultados bastante satisfactorios, aproximados a la evaporación de un recipiente a ras del suelo.

Dicho autor, olvida que en general los únicos datos con que se suele contar son en general los term pluviométricos promedio. Además, volviendo a su crítica, olvida también que la necesidad de agua para transpiración varía entre cada tipo de comunidad vegetal según su altura, la densidad de su follaje, y la penetración de sus raíces en el suelo. Este tipo de apreciación climatológica deductiva, puede acercarse relativamente a un valor óptimo general, pero nunca podrá dar valores con ajuste exacto. La disponibilidad de agua del suelo y los otros aspectos mencionados, se combinan con la fisiología y el estado de desarrollo y salud de cada planta, lo que determina la apertura o cierre de los estomas y por lo tanto la transpiración. Por lo que el único valor real es el tomado en el campo. El clima puede ser útil para determinar donde puede existir una planta dada que requiera ciertos aspectos clave, pero no es determinante para un tipo dado de planta, sino únicamente un valioso auxiliar para saber si ésta tiene "probabilidades" de ser establecida y permanecer o no.

Una revisión rápida de los valores obtenidos con los métodos de Lang y De Martonne, indicará siempre, cuando se consideren varias estaciones, como en este caso, cuales pueden ser problema o merecen especial atención utilizando métodos de evaluación más detallados y precisos. Así, nuevamente Papantla tiene el valor mínimo (45 y 31) en ambos sistemas, Antalapa tiene valores medios (91 y 64), y Marcantsetra tiene los más altos.

APLICACIÓN DE LOS INDICES BIOTERMOCLIMATICOS (LITERALES Y/O MODIFICADOS)
DE JUAN PAPADAKIS, 1960, 1980a, 1980b.

DEFINICIONES

- **ÍNDICE DE LIXIVIACIÓN, ÍNDICE DE LAVADO, O LLUVIA DE LAVADO ANUAL = (Ln)**

(Ln) = Ph - Eh + (Pa/10) donde:

Ph = Precipitación de la estación húmeda continua en mm; es decir, del periodo del año en que la precipitación mensual supera la evapotranspiración mensual.

Eh = Evapotranspiración potencial durante la estación húmeda continua (se emplean aquí los valores obtenidos por el método de la segunda aproximación climática, de 1948 de Thornthwaite, elaborados en el transcurso de este trabajo ya que no se cuenta con datos de tensión de vapor, que son los que requiere la fórmula original de Papadakis)

Pa = Precipitación media total anual en mm

- **ÍNDICE DE CRECIMIENTO VEGETAL, MENSUAL Y ANUAL = (A)**

(A) = $1 / (1/10^{0.1T} + 10^{0.1t}/10^5 + 0.5/10^{2.5H} + 1/10^2) (12D)^{0.75}$ donde:

T = Temperatura máxima media mensual

t = Temperatura mínima media mensual

- **H = ÍNDICE DEL BALANCE HIDRICO MENSUAL = (H) = r + p / EVPOT** donde:

r = reserva mensual de agua en el suelo (se tomó también la de Thornthwaite (1948) que es de máximo 100 mm, siendo el resto escurrimiento no considerado aquí)

p = precipitación media total mensual en mm

EVPOT = Evapotranspiración media mensual (del sistema de Thornthwaite de 1948, en mm)

D = Factor de corrección en función de las horas luz diurnas según la latitud local en %, que se encuentra en tablas.

Los índices de Crecimiento (A) y de Balance hídrico (H) se hacen anuales promediando la suma de sus doce valores mensuales en cada caso. Ahora bien, el índice hídrico anual dado por Papadakis es de poca utilidad,* sin embargo además de calcularlo, hemos añadido dos índices hídricos suplementarios nuevos, muy útiles, que consisten en promediar los índices hídricos mensuales de la época de lluvias (precipitación media mensual mayor que evapotranspiración media mensual) y de la época

* La época de lluvias no se distingue de la de secas; es muy general.

de sequía (Evapotranspiración media mensual continua mayor que precipitación media mensual), por separado. Esto permite saber si el balance hídrico de la época seca es positivo (mayor que la unidad; lluvia superior a EVPOT) o negativo, por lo que en el primer caso hablaremos de una época de secas relativa, y en el segundo de una época de secas absoluta. Hay que señalar aquí que esto coincide con la gráfica del balance hídrico del segundo sistema, de 1948, de Thornthwaite, cuando ésta última se hace siguiendo el método del diagrama de Gaussen y Bagnouls —como en este trabajo—, pudiendo observarse en la misma, que la sequía absoluta aparece cuando la gráfica de lluvia del diagrama entra dentro del área de la gráfica de temperatura (como señalaron Gaussen y Bagnouls), mientras que la sequía relativa puede observarse cuando la gráfica de la lluvia entra únicamente debajo de la gráfica de evapotranspiración potencial en el diagrama.

Otra modificación importante, ahora en el caso del índice de crecimiento anual (A), radica en cómo calcularlo cuando no se tenían datos de temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, sino únicamente de temperaturas medias. Si se suplantán en la fórmula de obtención de (A), dada por Papadakis, T y t, por la temperatura media mensual, puede obtenerse un índice de crecimiento (A') que siempre resulta menor que (A). Hemos calculado un factor de corrección correlacionando las diferencias entre ambos índices para una misma estación, y calculado una recta de regresión lineal que permite corregir el resultado de (A') para obtener (A). Así, obtuvimos:

$$\textcircled{O} \quad (A) = 0.4001761 A' + -3.8895554 \quad (\text{Con un índice de correlación de } 0.96)$$

Papadakis, 1980, grafica en forma de "Auxograma" el índice de crecimiento (A), mes por mes. En este trabajo, hemos añadido a la gráfica (A') en todas las estaciones analizadas, y el espacio entre ambas curvas mostró que el (A) calculado con nuestro factor de corrección se ajustaba en forma apreciable al (A) obtenido con la fórmula del autor. Además, el área comprendida entre (A) y (A') se dividió en época de sequía y época de lluvias indicando en cada caso el índice (H) correspondiente, lo que permite conocer la disponibilidad relativa de agua en función del crecimiento vegetal potencial, y, la magnitud de cada temporada en meses.

● ÍNDICE HUMOLÍTICO MENSUAL Y ANUAL (H1)

$$(H1) = 10^{(T/10)\log 3} + 10^{(t/10)\log 3} + 2 \times 10^{(T \text{ max}/10)\log 3} \quad \text{donde:}$$

T = Temperatura media mensual máxima

t = Temperatura media mensual mínima

T max = Temperatura media mensual máxima del año

Se calcula mes por mes, se suman los doce del año y se promedian para obtener el valor anual. Cada incremento de 10°C incrementa el índice 3 veces

Los valores mensuales se graficaron en conjunto con los auxo-

gramas de Papadakis (A), el nuestro (A') y (A) calculado, para tener una visión global gráfica del comportamiento de la tasa de descomposición climática del humus correlacionada con (A) y (H), en forma visual.

Para las estaciones analizadas con que sólo se contaba con datos de temperaturas medias (como en el caso del índice "A"), se encontró que al suplantarse T y t por la temperatura media mensual, el índice (Hl') obtenido, para cada mes, era menor que el (Hl) por fórmula. Como la reducción observada en (Hl') era casi totalmente constante, fue posible calcular un índice de corrección de (Hl') para obtener (Hl) calculado, lo que se logra así:

$$\bigcirc \quad (Hl) = Hl' + 38.555726 \%$$

● **ÍNDICE HUMOGÉNICO MENSUAL Y ANUAL (Hg)**

$$(Hg) = 100 A^{0.75} / Hl \quad \text{donde:}$$

100 = constante que aproxima el índice Hg a la profundidad del horizonte húmico del suelo en mm.

A = índice de crecimiento (puede ser mensual o anual)

Hl = índice humolítico (puede ser mensual o anual)

Si se calculan mes con mes, se suman los doce del año, se promedian y se obtiene el anual. En este trabajo hemos añadido la gráfica de los 12 valores mensuales al auxograma original de Papadakis, para correlacionar visualmente (Hg) con (A), (A'), (Hl) y (H) de sequías y lluvias.

● **ÍNDICE DE ALTERACIÓN ALÍTICA (HIDROTÉRMICA) (Al) (Indica lavado de sílice sólo si el pH⁺ del suelo es superior a 4) ANUAL**

$$(Al) = T (Ln/10^2) \quad \text{donde:}$$

T = Temperatura máxima media mensual del año

Ln = Lluvia de lavado anual

● **ÍNDICE DE RUBEFACCIÓN ANUAL (Ru) (Sólo si se alternan sequías y precipitaciones a lo largo del año)**

$$(Ru) = TS (Ln/10^5) \quad \text{donde:}$$

T = Temperatura máxima media mensual del año

Ln = Lluvia de lavado anual

● **S = ÍNDICE DE SEQUÍA = (S) ANUAL = Es - Ps + (EVPOT/10) donde**

Es = EVPOT en mm de la estación seca continua; es decir, cuando la precipitación media mensual es menor que la EVPOT media mensual.

Ps = Precipitación total de la estación seca continua

EV POT = Evapotranspiración total anual en mm, tomada del cálculo del 2do sistema de Thornthwaite de 1948.

- **ÍNDICE DE PODZOLIZACIÓN ANUAL (Po) Y MENSUAL (lixiviación de sílice, hierro y aluminio en ausencia de descomposición de la materia orgánica, y en presencia de ácidos orgánicos fuertes cercanos al área de las raíces)**

(Po) = I_n/H_l Donde:

I_n = Lluvia de lavado anual

H_l = Índice humolítico mensual o anual (Si se utiliza el mensual, el promedio de los doce del año da un Po más exacto.

Los índices de Alteración alítica (Al), Rubefacción (Ru) y Podzolización (Po) anuales, se han añadido a la derecha de los auxogramas de las estaciones analizadas en este trabajo para dar una idea de su importancia relativa en cada una de ellas en forma visual. ^{Figs. 40 A 44.}

En esta sección hemos analizado la información climatológica de 5 localidades relacionadas con el estudio de la vainilla: Antalaha, principal centro productor de la República Malagache, y Papantla, Martínez de la Torre, Misantla y Puente Henríquez en la República Mexicana, las cuales brindan un buen panorama de la amplitud climatológica de los factores que inciden en la producción de la vainilla en el norte del Estado de Veracruz. ^{Figs. 40 A 44}

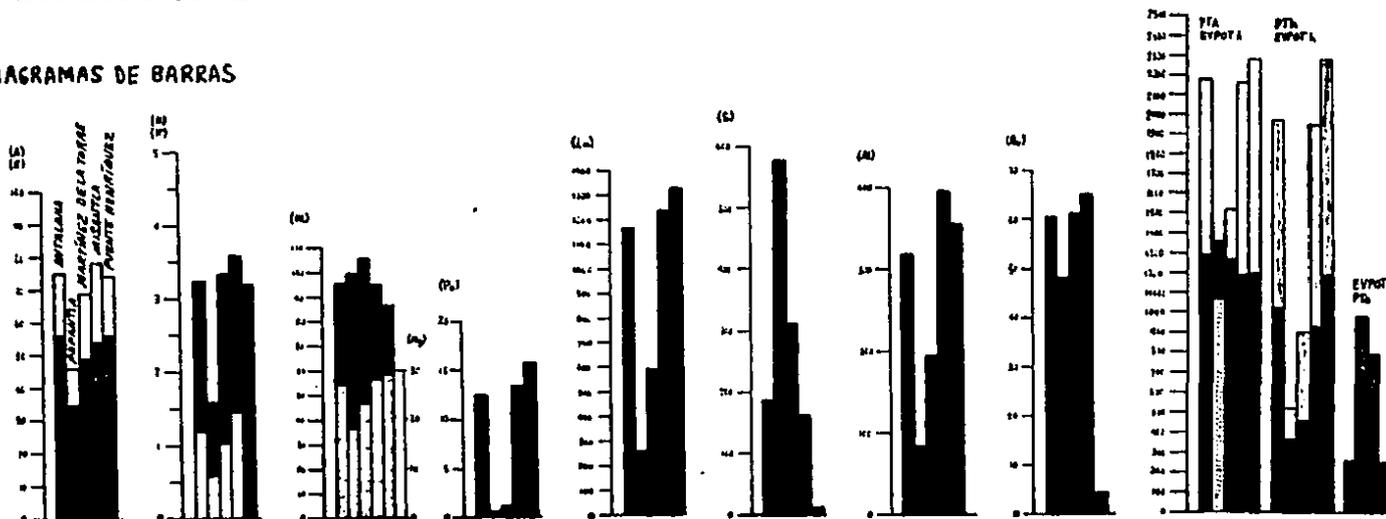
Hemos enriquecido el poder de expresividad gráfica del "Auxograma" de Papadakis, 1980 con todos los índices que considera el autor, los cuales enlistaremos enseguida, y además los hemos graficado uno a uno, para comparar los valores anuales de todas las estaciones entre sí:

ÍNDICES DEL METODO CLIMÁTICO DE JUAN PAPADAKIS

FIGURA 31

- | | |
|--|--|
| <p>(A) ÍNDICE DE CRECIMIENTO ANUAL (Por máximas y mínimas)</p> <p>(A') ÍNDICE DE CRECIMIENTO ANUAL (Por temperaturas medias)</p> <p>(H) BALANCE HÍDRICO (Época de lluvias)</p> <p>(H') BALANCE HÍDRICO (Época de secas)</p> <p>(H1) ÍNDICE HUMOLÍTICO ANUAL</p> <p>(Hg) ÍNDICE HUMOGÉNICO ANUAL</p> <p>(Po) ÍNDICE DE PODZOLIZACIÓN ANUAL</p> <p>(Ln) ÍNDICE DE LIXIVIACIÓN O LLUVIA DE LAVADO ANUAL</p> <p>(S) ÍNDICE DE SEQUÍA ANUAL</p> | <p>(Al) ÍNDICE DE ALTERACIÓN ALÍTICA ANUAL</p> <p>(Ru) ÍNDICE DE RUBEFACCIÓN ANUAL</p> <p>(PTA) PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL</p> <p>(EVPOTA) EVAPOTRANSPIRACIÓN TOTAL ANUAL</p> <p>(PTh) PRECIPITACIÓN TOTAL DE LA ESTACIÓN HUMEDA</p> <p>(EVPOTh) EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DE LA ESTACIÓN HUMEDA</p> <p>(EVPOTs) EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DE LA ESTACIÓN SECA</p> <p>(PTs) PRECIPITACIÓN TOTAL DE LA ESTACIÓN SECA</p> |
|--|--|

DIAGRAMAS DE BARRAS



APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA HIDROTÉRMICA NATURAL DE JUAN PAPADAKIS, 1952, 1980. (Mensuales y Anuales)

SISTEMA ANTIGUO DE LA GEOGRAFIA AGRÍCOLA MUNDIAL, 1960

Solamente dos estaciones climatológicas de Madagascar, relacionadas con el cultivo de la vainilla fueron analizadas por Papadakis. Anotamos aquí los aspectos más importantes relacionados con ellas, ya que nos servirán de referencia. No hemos recurrido a determinar la clasificación de otras estaciones mediante este método, que ha sido perfeccionado y superado por el propio autor en sus obras posteriores, y las notas presentes sólo se tomaron porque al no contar con datos de temperaturas máximas y mínimas mensuales de Madagascar, no es posible aplicar acertadamente el sistema nuevo de 1980. Y así sólo de esta manera era posible realizar una comparación, aunque ésta sea relativa.

PAG. 245 Y SIGUIENTES.

ANTALAHA (No se menciona el periodo estudiado, y la altitud de la estación considerada es menor que la de la estación que tenemos nosotros)

Latitud	La	15
Altitud	Al	90
Rigor del Invierno	In	Tp ¹
Temperatura del mes más frío	t	21
C calor del Verano	Ve	G ²
Temperatura del mes más cálido	T	26
Régimen Hídrico	R.H.	Is ³
Lluvia anual	Ll.an.	2193 mm
CLIMA	T4	Casi Café

- 1 No hiela nunca, pero la temperatura del mes más frío es menor de 23°C.
- 2 Verano suficientemente cálido para el algodón.
- 3 Isohigro, no hay estación seca definida. Húmedo todo el año.
Índice anual de crecimiento vegetal (0.54-1.00).
Vegetación: Bosque Monzónico y Selva Tropical con cafetales.
Suelos rojos que pierden rápidamente su fertilidad potencial.
Pocas clasificaciones tienen equivalente en este clima de gran importancia desde el punto de vista económico.

NOSSY-RÉ (Es la Isla donde se encuentra Hell-Ville. No se trata de la estación que trabajamos nosotros, pues tampoco corresponde la altitud. Nuevamente se omite el periodo estudiado)

La	13
Al	19
In	Ec ¹
t	23
Ve	G ²
T	27
R.H.	Mo ³
Ll.an.	2257 mm

CLIMA Tierra Caliente de Caña de Azúcar.

1. Ecuatorial, temperatura del mes más frío superior a 23° C.
2. Verano suficientemente cálido para el algodón.
3. Monzónico sin estación seca definida; húmedo todo el año.
Índice Anual de Crecimiento Vegetal (0.42-0.98).
Vegetación: Sabana, Bosque Monzónico Caducifolio o Selva Tropical con Cañaverales, henequenales, cacaotales, sisal, yuca o cultivos ecuatoriales diversos. Predominando los suelos Lateríticos o los Rojos.
Corresponde al Clima Aw de Köppen.

SISTEMA NUEVO DE PAPADAKIS, 1980 CLIMAS MENSUALES Y ANUALES HIDROTÉRMICOS

Este sistema, basado en una gran experiencia en la clasificación natural de los climas del mundo desde un punto de vista multidimensional, representa a nuestro juicio, el logro más significativo en la búsqueda del ajuste del clima a la distribución real de la vegetación, tanto natural como cultivada. La multiplicidad y extensión de las explicaciones de los elementos que se manejan queda fuera de esta tesis por limitaciones de espacio así que remitimos al lector a la obra original de 1980 del autor. Siguiendo el método, analizamos aquí cinco estaciones meteorológicas relacionadas con el cultivo de la vainilla, siendo necesario aclarar que en algunos casos la falta de información disponible ha limitado completar todos los aspectos necesarios para la descripción completa. Sin embargo, como anotamos más atrás, los datos del autor para dos estaciones de Madagascar, de acuerdo a su sistema antiguo de clasificación, nos permiten hacer las comparaciones pertinentes.

FÓRMULAS CLIMÁTICAS CORTA (anual) Y LARGA (mensual)

<u>LOCALIDAD</u> , Dpto. ó Estado, País (periodo de datos)
Latitud Longitud Altitud
Fórmula anual condensada/Fórmula larga; climas mensuales hidrotérmicos.
<u>ANTALAHA</u> , Tamatave Madagascar (1938-1972)* 15°53'S. 50°15'E. 295 msnm h2wMO / w w w h h w w w w w w w
<u>PAPANTLA</u> , Veracruz México (1950-1970) 20°27'N. 97°19'W. 298 msnm 8oYalwMO / oy oy Oi Ya Ys Yi Yi Yi Yw Yh Uh Oh
<u>MARTÍNEZ DE LA TORRE</u> , Veracruz México (1945-1970) 20°04'N. 97°03'W. 152 msnm 8oYI3wMO / nw Nw Op Yy Yi Yi Yp Yi Yw Vw Ow ow
<u>MISANTLA</u> , Veracruz México (1941-1970) 19°05'N. 96°05'W. 410 msnm 8oYp2wMO / ow ow Ow Vp Yp Yh Yw Yw Ow Uw Vw ow
<u>FUENTE HENRÍQUEZ</u> , Veracruz México (1944-1960)* 19°56'N. 97°12'W. 510 msnm hlwMO / w w w w h w w w w w w w

* Los climas mensuales térmicos de estas dos localidades no pudieron ser calculados por falta de datos en las fuentes bibliográficas y por ello no figuran aquí. Se verá que el cálculo de los índices bioedafoclimáticos, expuestos más atrás y los datos de las dos estaciones del sistema antiguo del autor, compensan esta deficiencia y permiten sacar conclusiones acertadas. Véase enseguida la explicación. Pero antes, expongo tres ilustraciones que ayudan a la comprensión de todo lo expuesto con respecto a este método:

- Primero, los elementos de la clasificación de Papadakis, 1980 en una sinopsis extractada de su libro;
- En segundo lugar, el climograma del propio autor, con los datos para tres de las estaciones vainilleras estudiadas sobrepuestos y con explicaciones;
- Y por último, en tercer lugar, los "Climatogramas gráficos" elaborados por mí, a partir de los "Auxogramas" (o gráficas de crecimiento vegetal anual) del mismo autor, con el fin de incrementar su poder expresivo. y en los cuales incluyo los índices bioedafoclimáticos expuestos más atrás. Las aplicaciones prácticas figuran en la sección de "Diagnóstico Ecológico".

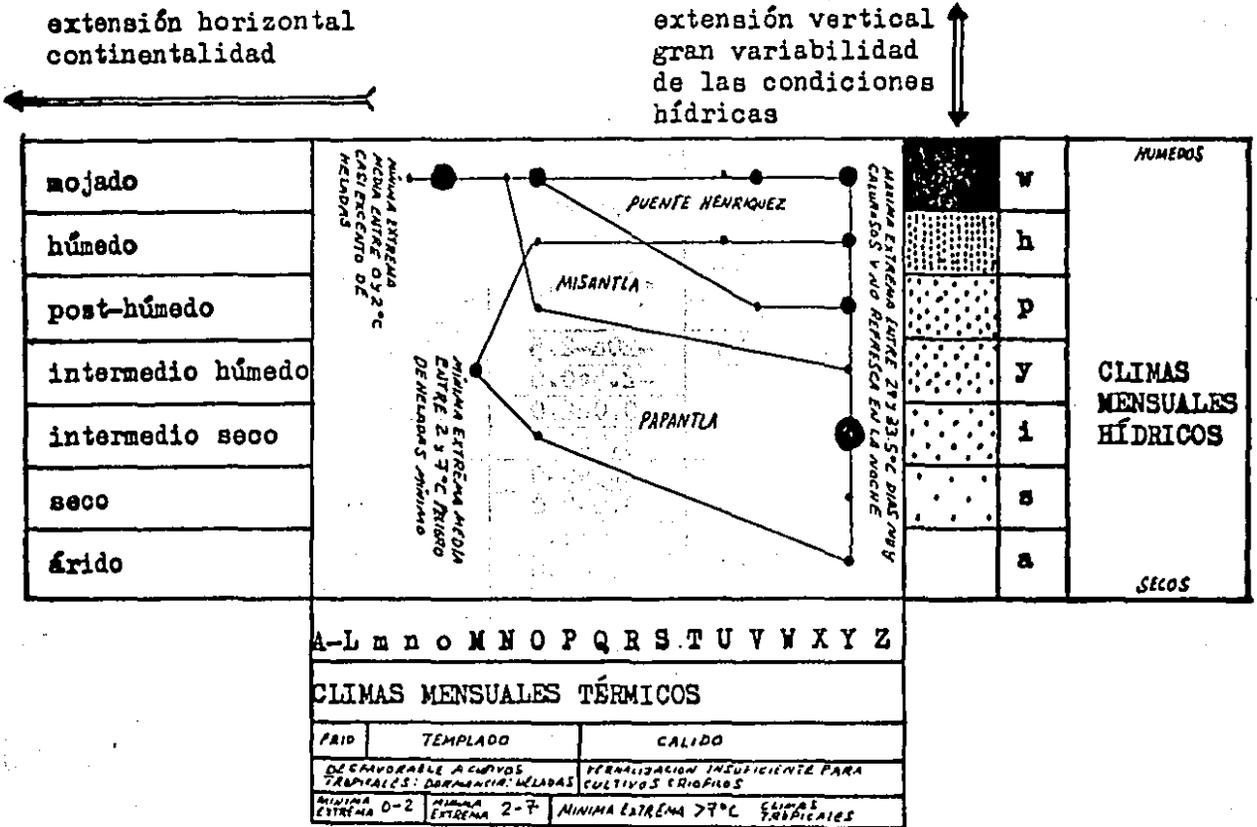
ELEMENTOS DE LA CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA DE JUAN PAPADAKIS (1980)

CLIMAS MENSUALES TÉRMICOS		TEMPERATURAS °C		
Sigla	Localidad típica	Mínima extrema	Máxima media	Mínima media
A	Verkoyansk, Siberia URSS	<-29	<17.8	
B	Haparanda, SUECIA	<-29	>17.8	
C	Helsinki, FINLANDIA		<0.0	
D	Berlín, ALEMANIA OCCIDENTAL	-29a-10	0.0a5.0	
e	Puente del Inca, Mendoza, ARG.		>5.0	
E	Londres, INGLATERRA	-10a-2.5	5.0a10.0	
f	Tres Arroyos, ARGENTINA		10.0a15.0	
F	Río Cuarto, Córdoba, ARGENTINA	-20a-2.5	>15.0	
G	Buenos Aires, ARGENTINA	-2.5a0.0		
H	Palma de Mayorca, ESPAÑA	0.0a2.0	10.0a15.0	
I	Montevideo, URUGUAY	2.0a7.0		
J	Rosario, ARGENTINA	-2.5a0.0		
K	Pergamino, BA. ARGENTINA	0.0a2.0	15.0a21.0	<8.0
L	Isla Martín García	2.0a7.0		La Máxima media puede ser >21.0 si la Mfn. X <8.0
n	Nueva Pompeya, Chaco ARGENTINA	-2.5a0.0	21.0a25.0	>8.0
n	Posadas, Misiones ARGENTINA	0.0a2.0		
o	Corrientes, ARGENTINA	2.0a7.0	15.0a21.0	
M	Coemba, ANGOLA	-2.5a0.0		
N	Boa Vista, BRASIL	0.0a2.0	>25.0	
O	Balcarce, BA. ARGENTINA	2.0a7.0		
P	Punta Delgada, Is. AZORES		<17.0	
Q	Lima, PERU		17.0a21.0	
R	Londres, INGLATERRA		21.0a25.0	<13.0
S	Río de Janeiro, BRASIL			13.0a20.0
T	Quillota, CHILE			<13.0
U	Montevideo, URUGUAY		25.0a29.0	13.0a20.0
V	Córdoba, ARGENTINA		29.0a33.5	
W	Quilino, Córdoba ARGENTINA		>33.5	<20.0
X	Naxos, GRECIA		<29.0	
Y	Iquitos, PERU		29.0a33.5	>20.0
Z	Kharttoun, SUDAN		>33.5	

CLIMAS MENSUALES HÍDRICOS

Sigla	Nominación	Precipitación más agua de reserva	Precipitación	Superávit
a	árido	>25 % EVPOT		
s	seco	25-50 % EVPOT		
i	intermedio seco	50-75 % EVPOT		
y	intermedio húmedo	75-100% EVPOT		
p	post-húmedo	>100 % EVPOT	<100 % EVPOT	
h	húmedo	<200 % EVPOT	>100 % EVPOT	<100 mm
w	mojado	>200 % EVPOT		>100 mm

CLIMOGRAMA DE PAPADAKIS PARA TRES LOCALIDADES VAINILLERAS



- w) Asfixia de las raíces en suelos mal drenados, dificultad para cosechar.
- h) Rendimiento agrícola máximo con daños por exceso de lluvias.
- p) Rendimientos agrícolas máximos sin lluvias excesivas.
- y) Rendimiento agrícola cercano al máximo.
- i) Rendimiento agrícola regular compensable con riego.
- s) Sequía soportable con crecimiento vegetal casi nulo.
- a) Sequía peligrosa sin ninguna posibilidad de rendimiento agrícola.

CLIMATOGRAMAS GRÁFICOS

FIGURA 40
ANTALAHA, TAMATAVE, Madagascar

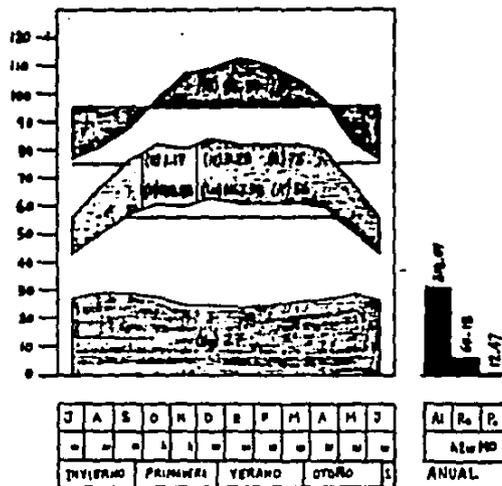


FIGURA 41
PAPANTLA, VERACRUZ, México

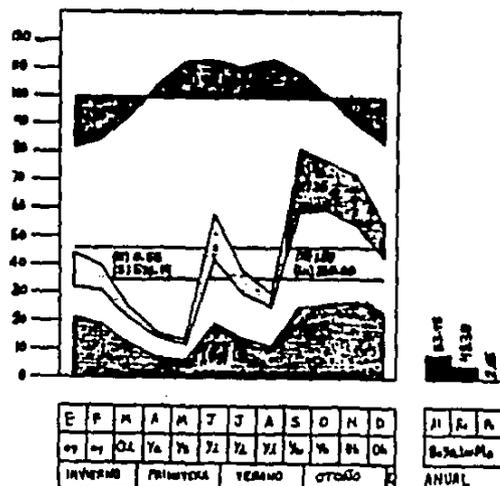


FIGURA 42
MARTÍNEZ DE LATORRE, VERACRUZ, México

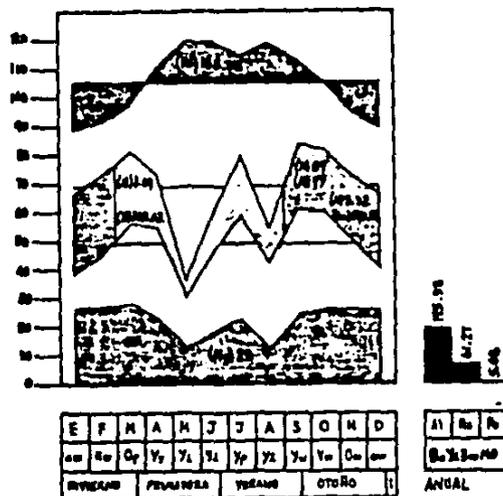


FIGURA 43
MISANTLA, VERACRUZ, México

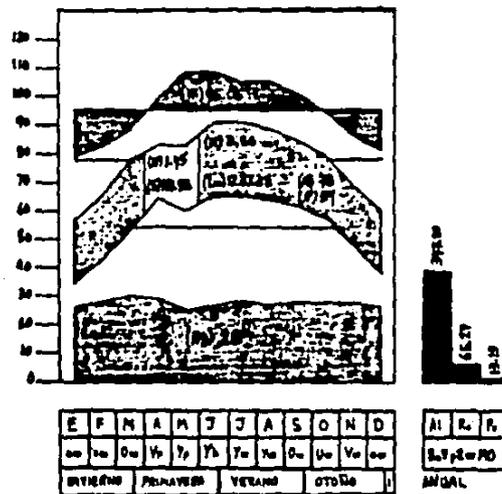
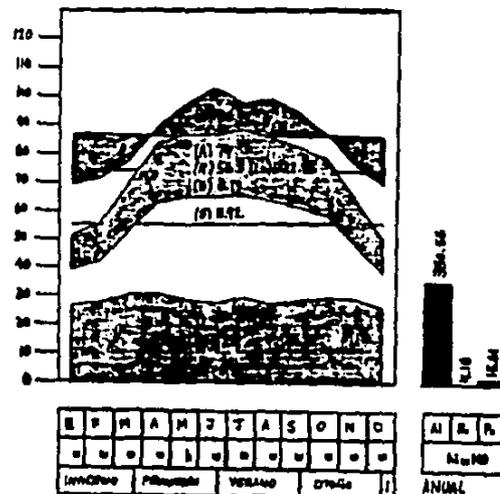


FIGURA 44
PUENTE HENRÍQUEZ, VERACRUZ, México



EXPLICACIÓN, NOTAS Y CONCLUSIONES AL SISTEMA DE PAPADAKIS

De acuerdo con Papadakis, una caracterización generalizada de los climas de las áreas vainilleras sería la siguiente. Se trata de climas monzónicos tropicales atípicos y de transición entre la "Tierra Caliente" de la sabana, donde no hay heladas y la "Tierra Templada", en cuyo caso muy particular, hallado sólo en las zonas ecuatoriales o tropicales altas, pueden aparecer heladas ocasionales. El autor indica que para el área que nos ocupa, del "Piso del Algodón" con número térmico 8 (promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 25°C; mínima media extrema superior a 7°C durante más de 4 1/2 meses; mínima media de 1 o más meses inferior a 18°C), se pasa directamente a la "Tierra Fría", que también dividida en pisos térmicos según la altitud, sería ocupada por vainillales marginales en su parte "Semi-tropical" con inviernos "o" (mínima extrema media entre 2 y 7 °C. Máxima media entre 15 y 21°C para el clima mensual). De este modo la zona olímpica de transición que ocupa la vainilla, combina las desventajas de los climas tropicales (vernalización insuficiente para cultivos criófilos y perjudicial para tropicales) con las desventajas de los climas no tropicales (heladas ocasionales) y ha sido establecida por su particular y característica humedad. El verano térmico, no muy cálido, pero húmedo, resulta suficiente para el desarrollo del algodón, siendo interrumpido por una estación seca o relativamente seca, invernal de pocos meses, que se hace tanto más marcada con la cercanía al nivel del mar y a la zona de llanura, en la cual inclusive pueden desaparecer totalmente las ocasionales heladas de invierno. En Madagascar, el período húmedo es largo por la influencia marítima del Océano Índico, y la sequía es relativa, mientras que en México, es más corto, iniciándose en junio, julio o agosto, para terminar entre octubre y diciembre, lo que produce ocasionalmente que algunas estaciones tengan sequías absolutas que hacen del riego artificial por aspersión una actividad imprescindible si se quiere mantener sano o conservar el vainillal.

Figs. 21 y 40

Figs. 25 A 29 y 41 A 44

Figs. 25 y 41

Como la Lluvia de Lavado (Ln) no llega a superar en un 25 % el valor de la Evapotranspiración Potencial Anual (EVPOTA)^{Fig. 37}, Papadakis (1980) señala que la vegetación típica de esos climas es exclusivamente gramínea. Esto es muy importante porque prueba que la existencia de vegetación cerrada, como bosques y selvas en estas zonas, se debe a una larga sucesión, donde las plantas han terminado por establecer paulatinamente su dominio a pesar del clima adverso. Por otro lado, la lixiviación de los suelos locales es reducida, y al menos en México su origen geológico relativamente reciente, por lo que la liberación de nutrientes minerales es favorable al mantenimiento de altas tasas de intercambio iónico, que han permitido el desarrollo de la exuberante vegetación local. Esto prueba que la deforestación o desmonte incontrolado de la región, más allá de los límites homeostáticos dados por la existencia de comunidades cerradas de vegetación, tendría un efecto climatológicamente dramático manifiesto por la caída de la capacidad de carga de toda la zona vainillera.

En base a la relación del cociente: Precipitación Total Anual (PTA)/(EVPOTA)^{Fig. 37}, se establece un Régimen Hídrico Monzónico Lluvioso (MO) para todas las estaciones analizadas, a excepción de Papantla que lo tiene Monzónico Seco (Mo) (Ln inferior a 25 % de la EVPOTA; PTA de más del 44% de la EVPOTA)^{Fig. 41}; en estos regímenes, el verano es más húmedo que el invierno y la primavera, sin que la humedad baste para considerar el régimen como húmedo (Hu) (PTA mayor que EVPOTA; ningún mes seco; Ln superior en más de 25 % al valor de EVPOTA), que probablemente tiene condiciones adversas para los vainillales. Es notable la sequedad del clima de Papantla, que presenta un mes árido (a) en abril, lo cual indica que se detiene totalmente el crecimiento vegetal. El mes siguiente, mayo es seco (s) y en éste, el crecimiento vegetal es mínimo o casi nulo. No queda claro en la bibliografía si es imprescindible un período de latencia o reposo de la vainilla, ni cuanto debe durar, o en que condiciones se establece. Lo cierto es que por este método, sabemos que está presente y que corresponde en alguna medida a las condiciones de clima tipo "o", cuya vernalización insuficiente para otros cultivos, parece ser la ideal para la vainilla, pues está presente en todos los casos que se pudieron analizar, corresponde al invierno, y también al período de sequía absoluta o relativa del año.

Si las condiciones de sequía de México, se llegan a prolongar, donde se presentan, a veces en forma absoluta (en los términos que ya establecimos más atrás), y no se dispone de agua de riego, se corre el riesgo de perder totalmente la plantación o de tenerla severamente dañada al concluir la estación. Tanto más conforme más desforestada y topográficamente desprotegida se encuentre el área donde se ubique el vainillal, pues en algunas hondonadas y valles intermontanos, por el contrario, pueden encontrarse condiciones microclimáticas atenuantes sobre el efecto del clima global, las cuales pueden permitir que algunas plantaciones resistan sin riego la sequía, siempre y cuando la reserva de agua y humedad del suelo no se agoten totalmente en el transcurso de ésta por evapotranspiración. En todas las otras estaciones analizadas aquí, el agua es suficiente e incluso -en algunos meses- excesiva a lo largo de todo el año, pero en las gráficas de precipitación de las estaciones vainilleras siempre se observa un periodo de reducción de la lluvia previo y definitivo para la floración. ^{FIGS. 21 A 29 Y 40 A 44.}

En otros aspectos, señalaremos que el Rigor del Invierno, catalogado como Semitropical es en México tanto más intenso conforme se acerque uno a la costa del Golfo o se desplace hacia el Norte. En la costa, el número de meses más cálidos se reduce por la influencia marítima. Ocurre lo mismo en la base de las montañas debido a la altitud y a las cualidades especiales del viento local, y por el contrario, en las llanuras costeras se incrementa notablemente por una estabilidad relativa. No obstante, el número térmico (8) permanece constante para todas las estaciones.

Desde el principio de esta tesis se había planteado que las estaciones de Antalaha y Papantla se habían seleccionado por representar respectivamente la mayor cantidad y calidad dentro de la producción mundial de vainilla. Ahora podemos probar teóricamente que en efecto ocurre así, y el porqué del hecho.

Si se observan detalladamente los Auxogramas modificados aquí, para su aplicación a dicho objetivo, que corresponden a Antalaha y a Papatla, se puede deducir que en ésta última, la caída máxima del índice (A) de Crecimiento Vegetal, coincide con el periodo de floración (Marzo, Abril o Mayo dependiendo de la variabilidad climática interanual), es más. es casi seguro que en estas condiciones la floración, que es auxodiagramática o climatológicamente puntual, dure tan sólo un día, o unos pocos días. Si ello coincide con un periodo crítico de sequía absoluta y la desaparición de las temperaturas frescas de invierno, puede darse por perdida la plantación (lo llamaríamos florear para morir). Por otro lado, en Antalaha, el índice (A), permanece estable en primavera después de la sequía relativa y el fresco invernal y así, la floración resulta difusa y continua, pudiendo durar entre varias semanas hasta 2-3 meses e inclusive más. Posteriormente, viene el periodo de desarrollo de los frutos. Se verá que en Papatla, entre la conclusión de la fecundación (principios de junio) y el final de la cosecha (fines de enero), el índice (A) toma valores ascendentes que tienen un máximo en junio, y en ese periodo, los climas mensuales hídricos son intermedios secos. Esto significa que el fruto comienza a desarrollarse rápidamente, pero la humedad y el índice de crecimiento terminan por coincidir y caer, por la canícula propia de este clima, provocando una detención del crecimiento del fruto a medio ciclo y por lo tanto, y esto es lo importante, forzando la concentración de los principios activos (por deshidratación) que posteriormente se convertirán en productos aromáticos de alta calidad (vainilla escarohada). El endurecimiento (o tal vez lignificación) provocado en el fruto por la sequía de medio verano, posiblemente limite su desarrollo posterior al volver a aumentar al máximo anual, en septiembre el índice (A) debido a la estación lluviosa y sea la causa de la gran concentración final de aromáticos; o bien, en alguna forma, la muy relativa sequía de medio verano, propicie la formación de precursores químicos de los aromáticos, como el piperonal, por medio del cual la planta defiende a su fruto del ataque de los áfidos y otras plagas de insectos chupadores de savia. Así, no es casual que el inicio de la canícula coincida exactamente con el principio de la temporada en que tradicionalmente aparecen y se controlan las plagas. En contraposición a lo ya señalado, en Antalaha, todos los factores edafoclimáticos coinciden en una estabilidad relativa que permite el desarrollo máximo

de los frutos, pero las condiciones que observamos para Papantla no existen allí, y por lo tanto, la cantidad de aromáticos será la normal de cualquier localidad con un índice (A) estable y elevado. Prosigamos, en las condiciones de Antalaha, la mano de obra de la plantación tiene que ser aproximadamente constante todo el año, porque si la floración está diferida a varios meses, la cosecha también lo estará ya que la maduración de los frutos es irregular. En cambio en Papantla, si hay una adecuada planificación, los requerimientos de mano de obra serán mínimos y sólo se necesitará personal adicional en los momentos críticos. Así, en Antalaha el personal estaría de planta y en Papantla sería casi totalmente eventual, lo que efectivamente ocurre en alguna medida y le da a México la posibilidad de abatir los costos de mantenimiento de la plantación gracias al clima, aunque la administración tal vez resulte muy compleja. Pero todo se compensa, en ambas localidades la descomposición del humus o índice humolítico (Hl) es casi idéntica, lo que no ocurre con su formación o índice humogénico (Hg) por lo que en Papantla es necesario producirlo en forma artificial (Cómpost). Además, como la alteración alítica (Al) es considerablemente menor en Papantla que en Antalaha, debido a las condiciones termoplumiométricas, habría que añadir al cómpost algunos nutrientes minerales. Tanto más, si se establece riego artificial para incrementar la producción. Y si además se quiere tener calidad, hay que saber controlar todos los factores del índice (A) por medio del riego y el análisis de tendencias del clima donde se establezca la plantación.

Por último, debemos anotar aquí, para hacer justicia al tan desprestigiado C. Warren Thornthwaite, que de no ser por los datos que brindan los cálculos elaborados en la clasificación climática de 1948, ^{1948, 1949 y 1950.} no habría sido posible llegar a estas conclusiones. Lo que a nuestro juicio prueba que cada clasificación climatológica debe ser apreciada como valioso esfuerzo intelectual, antes de descartarla sin suficiente fundamento.

FIGURA 46

APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMATOLÓGICA DE JUAN PARRIS, 1980 (LITERALES Y/O MODIFICADOS)
 (L_n = LIXIVIACIÓN O CUBIERTA DE LAVADO) (A_n = ALTERACIÓN ALFICA (HUMIDIFICACIÓN)) (S = SEQUÍA) (R_n = RUBEFACCIÓN) (Ph = PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN HÚMEDA)
 (EVPOT_h = EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA ESTACIÓN HÚMEDA) (P_s = PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN SECA) (EVPOT_s = EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LA ESTACIÓN SECA)
 (PTA = PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL) (EVPOTA = EVAPOTRANSPIRACIÓN TOTAL ANUAL)

HEMISFERIO SUR HEMISFERIO NORTE		JULIO ENERO	AGOSTO FEBRERO	SEPTIEMBRE MARZO	OCTUBRE ABRIL	NOVIEMBRE MAYO	DICIEMBRE JUNIO	ENERO JULIO	FEBRERO AGOSTO	MARZO SEPTIEMBRE	ABRIL OCTUBRE	MAYO NOVIEMBRE	JUNIO DICIEMBRE
ANUAL	ÍNDICES BIOMORFOCLIMÁTICOS	L _n	A ₁	S	R _n	Ph	EVPOT _h	P _s	EVPOT _s	PTA	EVPOTA		
	ANTALAYA, TAVANAYE, MALAGARRAT	1167.38	318.69	108.63	6018	976.7	127.0	200.2	260.3	2176.8	263		
75	(A) CRECIMIENTO TÉRMICO (CALCULADO)	56	66	76	82	80	84	82	82	82	80	68	56
56	(A') CRECIMIENTO TÉRMICO MEDIO	43	50	57	61	60	63	61	61	61	60	51	43
107.23	(H) BALANCE HÍDRICO (2.89)	4.75	3.60	2.52	1.22	1.2	2.04	2.21	2.44	2.49	3.71	3.57	4.82
45.51	(HI) HUMOLÍTICO (CALCULADO)	76.93	80.96	87.53	97.64	107.37	109.13	112.77	110.32	105.65	98.14	82.79	76.93
27	(H _g) HUMOGENICO	27	27	29	28	28	25	24	25	26	27	29	27
12.47	(R) PODZOLIZACIÓN	15.17	14.42	13.34	11.96	10.87	10.70	10.35	10.58	11.05	11.90	14.10	15.17
	PAMPALA, VERACRUZ, México	260.00	83.98	576.14	48.38	523.9	1370.5	542.1	482.9	1066.0	1353.4		
46	(A) CRECIMIENTO TÉRMICO EXTREMO	44	40	24	15	13	58	38	30	81	77	72	55
35	(A') CRECIMIENTO TÉRMICO MEDIO	32	31	21	14	12	42	30	25	59	60	55	43
107.57	(H) BALANCE HÍDRICO (0.91)	0.79	0.68	0.49	0.38	0.35	0.77	0.60	0.54	2.28	1.23	1.33	1.11
99.58	(HI) HUMOLÍTICO	81.41	84.63	92.10	104.61	112.77	112.98	110.50	113.42	108.57	100.53	90.13	83.86
18	(H _g) HUMOGENICO	21	19	12	7	6	19	14	11	25	26	27	24
2.65	(R) PODZOLIZACIÓN	3.19	3.07	2.82	2.49	2.32	2.30	2.35	2.29	2.39	2.59	2.88	3.10
	HURTÁEZ DE LA TACRE, Ver. México	590.27	195.38	313.62	61.27	906.9	468.0	606.8	794.2	1513.7	1282.2		
69	(A) CRECIMIENTO TÉRMICO EXTREMO	66	73	81	73	36	60	80	54	84	82	73	66
49	(A') CRECIMIENTO TÉRMICO MEDIO	38	45	56	55	30	46	59	42	61	60	50	40
107.22	(H) BALANCE HÍDRICO (2.18)	3.46	2.91	2.23	0.92	0.58	0.77	1.02	0.73	3.04	2.84	3.66	4.00
105.35	(HI) HUMOLÍTICO	88.47	91.58	97.39	110.15	119.44	119.71	119.93	119.01	113.59	115.88	94.93	89.16
23	(H _g) HUMOGENICO	26	27	28	23	12	18	23	17	24	26	26	26
5.68	(R) PODZOLIZACIÓN	6.61	6.45	6.06	5.36	4.94	4.93	5.14	4.96	5.20	5.57	6.22	6.62
	MISANTLA, VERACRUZ, México	1237.38	272.0	164.33	65.27	1953.5	932.4	209.3	254.9	2162.8	1187.3		
78	(A) CRECIMIENTO TÉRMICO EXTREMO	56	65	78	88	83	91	91	89	85	80	69	61
54	(A') CRECIMIENTO TÉRMICO MEDIO	34	42	53	64	60	65	65	64	62	58	48	38
107.56	(H) BALANCE HÍDRICO (3.21)	4.78	3.96	2.87	1.79	1.10	1.92	2.40	2.22	4.11	3.91	4.60	4.91
95.05	(HI) HUMOLÍTICO	78.94	82.21	88.42	99.69	108.49	108.62	105.18	105.85	101.19	94.91	86.03	81.09
28	(H _g) HUMOGENICO	26	28	30	29	25	27	28	27	28	28	28	27
13.19	(R) PODZOLIZACIÓN	15.67	15.05	13.99	12.41	11.41	11.39	11.76	11.89	12.83	13.04	14.38	15.26
	PONTE HURTÁEZ, VERACRUZ, México	1322.85	350.56	119.2	4.18	8286.5	192.3	0.00	0.00	2286.5	1192.3		
74	(A) CRECIMIENTO (CALCULADO)	51	55	70	84	87	87	89	86	83	79	65	51
56	(A') CRECIMIENTO TÉRMICO MEDIO	39	42	53	63	65	65	66	64	62	59	49	39
3.19	(H) BALANCE HÍDRICO (3.19)	3.52	3.58	2.77	2.11	1.78	2.63	2.66	2.05	4.51	3.91	4.44	4.62
86.49	(HI) HUMOLÍTICO	69.69	71.18	73.97	87.88	98.06	103.14	98.06	99.71	95.59	87.97	76.87	69.88
29	(H _g) HUMOGENICO	27	28	31	31	27	28	30	28	29	30	30	27
15.61	(R) PODZOLIZACIÓN	18.98	18.58	16.97	14.92	13.49	12.83	13.77	13.27	13.87	15.03	17.21	18.90

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS TERMOPLUVIOMÉTRICO Y METEOROLÓGICO DE PARÁMETROS Y FENÓMENOS BÁSICOS PARA LAS ESTACIONES VAINILLERAS

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (PTA)

La forma más simple de abordar el estudio de la (PTA) media, es graficar sus valores en forma decreciente para el período de datos más reciente que de cada una de ellas se pueda obtener en las fuentes de información, siendo lo más conveniente que dicho período sea idéntico para todas las estaciones consideradas, lo que no nos ha sido posible debido a las deficiencias inherentes a todas las fuentes de información con que contamos y así, incluye en nuestros datos un error estadístico que no podemos controlar ni cuantificar. A este error, hay que adicionarle el provocado por la variabilidad interanual de la (PTA), que en estaciones tropicales como las que nos ocupan, suele ser bastante elevado debido a la irregularidad natural de los monzones. En estas condiciones, solo queda buscar que el período de datos a considerar sea lo más amplio posible. La razón de esto último, estriba en que al menos así, la variabilidad interanual de la (PTA) queda "oculta en el promedio" y las diferencias de período son un tanto menos notables. Sin embargo al proceder de este modo, existe una tercera fuente de error: la consideración de los promedios oculta totalmente cualquier tendencia de la (PTA) hacia el aumento o la disminución en estaciones inestables donde el clima está cambiando por alguna razón. Considerado todo esto según veremos adelante, por las necesidades propias de esta tesis, tenemos los datos y orden de estaciones siguientes en forma decreciente:

Estación/ Localidad/ País/ Período/ PTA/ Fuente de información/:

MAROANTSETRA,	Tamatave,	Madagascar	(1952-1972)	3730,5 mm	Wernstedt
MAHANORO,	Antananarivo,	Madagascar	(1941-1972)	2958.8 mm	Wernstedt
PUENTE HENRÍQUEZ,	Veracruz,	México	(1944-1960)	2286.5 mm	Garofa
HELL-VILLE,	Is. Nossy-Be,	Diego Suárez,	Madag.	(1946-1972)	2230.1 mm Wrt.
ANTALAHA,	Tamatave,	Madagascar	(1938-1972)	2176.8 mm	Wernstedt
MISANTLA,	Veracruz,	México	(1941-1970)	2162.8 mm	S.M.N.
TECOLUTLA,	Veracruz,	México	(1951-1970)	1584.1 mm	S.M.N.
MARTÍNEZ DE LA TORRE,	Veracruz,	México	(1945-1970)	1513.7 mm	S.M.N.
PAPANTLA,	Veracruz,	México	(1950-1970)	1066.0 mm	S.M.N. FIG. 46. Y FIG. 64.

Sin embargo, aquí es necesario considerar que en México la producción de vainilla ha decaído mucho en los últimos años por lo que inclusive se suspendió la exportación. Cabe preguntarse si la razón de esto ha sido un cambio climatológico significativo (Más atrás anotamos que las cartas de climas del Atlas Nacional y del DETENAL no coincidían entre sí véase la sección CLIMATOLOGÍA DE LA VAINILLA), y de existir éste, como es posible demostrarlo. Tenemos como antecedente lo dicho por otros autores (véase atrás el apartado de MENCIÓN DE MODIFICACIONES DEL CLIMA). Si se observa la gráfica que hemos construido con los datos de (PTA) recientemente anotados, se verá que los valores de precipitación de Tecolotla, Martínez de la T., y Papantla, parecen anormalmente bajos con respecto a los demás. ¿Es esto normal?

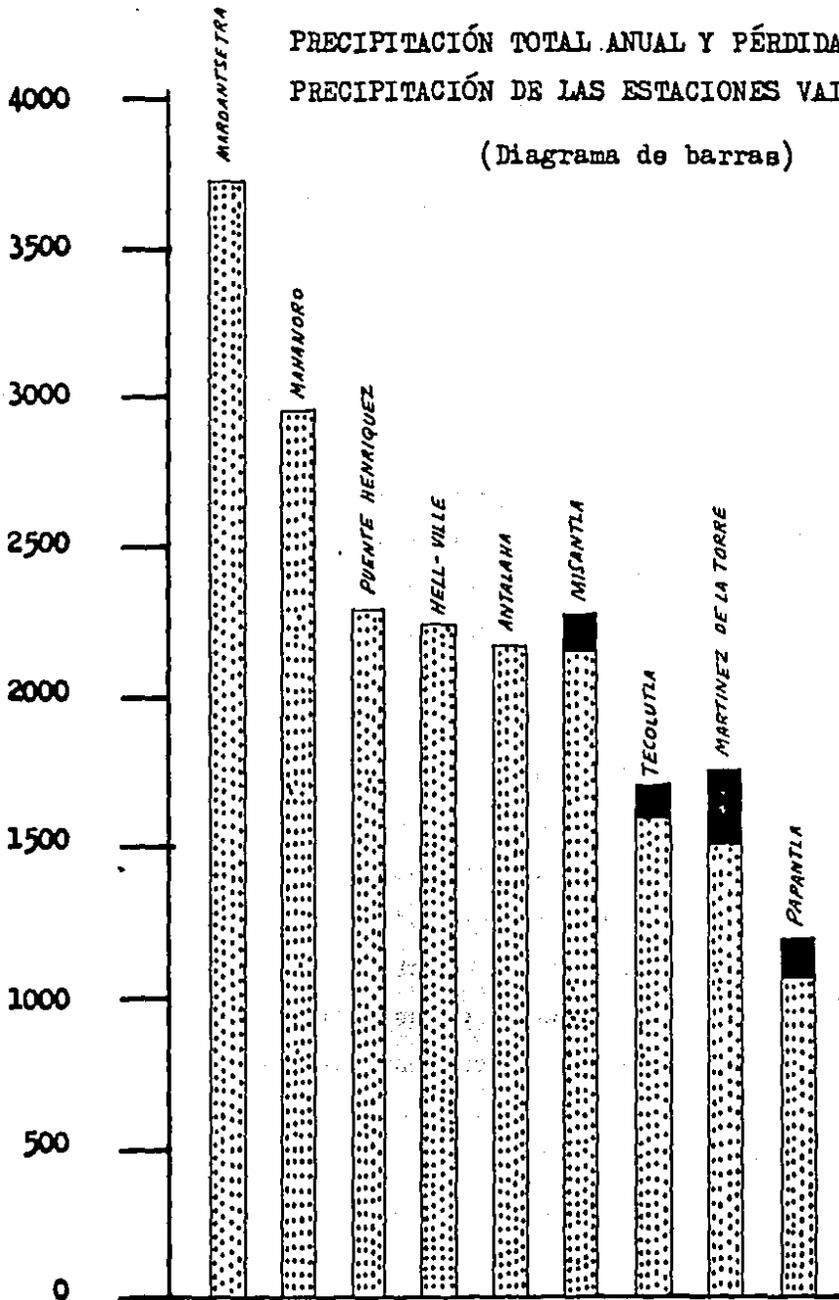
Para averiguar posibles modificaciones y confiando en que efectivamente la variabilidad interanual de la (PTA) queda oculta por el promedio, recurrimos a registros de datos de periodos más antiguos de algunas de nuestras estaciones, dados por García, 1973. Al considerar para una misma estación dos periodos de datos que difieren en 10 años de registro, la lógica indica que si su clima no ha cambiado, sus valores medios de (PTA) deben ser iguales o casi iguales, de lo contrario, puede establecerse una hipótesis condicional de que el clima cambió y está cambiando. Así tenemos los datos siguientes, que al ser comparados con los anteriores nos demuestran pérdidas totales de precipitación anotadas en cada caso, que dan valores demasiado significativos como para tener la certeza de que el cambio de clima se ha dado aún cuando el método de evaluación no parezca tener todo el rigor técnico necesario:

MISANTLA	(1925-1960)	2275.5 mm	5.0 %	} en 10 años
TECOLUTLA	1951-1960)	1706.6 mm	7.2 %	
MARTÍNEZ DE LA TORRE	(1946-1960)	1743.4 mm	13.2 %	
PAPANTLA	1927-1960)	1169.9 mm	8.9 %	

De ser verídicos, estos 4 valores, de una sola variable, comprometen severamente el futuro de cualquier plantación de vainilla en la zona vainillera mexicana en ausencia de riego.

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL Y PÉRDIDAS DE
PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES VAINILLERAS

(Diagrama de barras)



PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL EN mm ●
PÉRDIDAS POR DEFORESTACIÓN
CADA DECADA ●

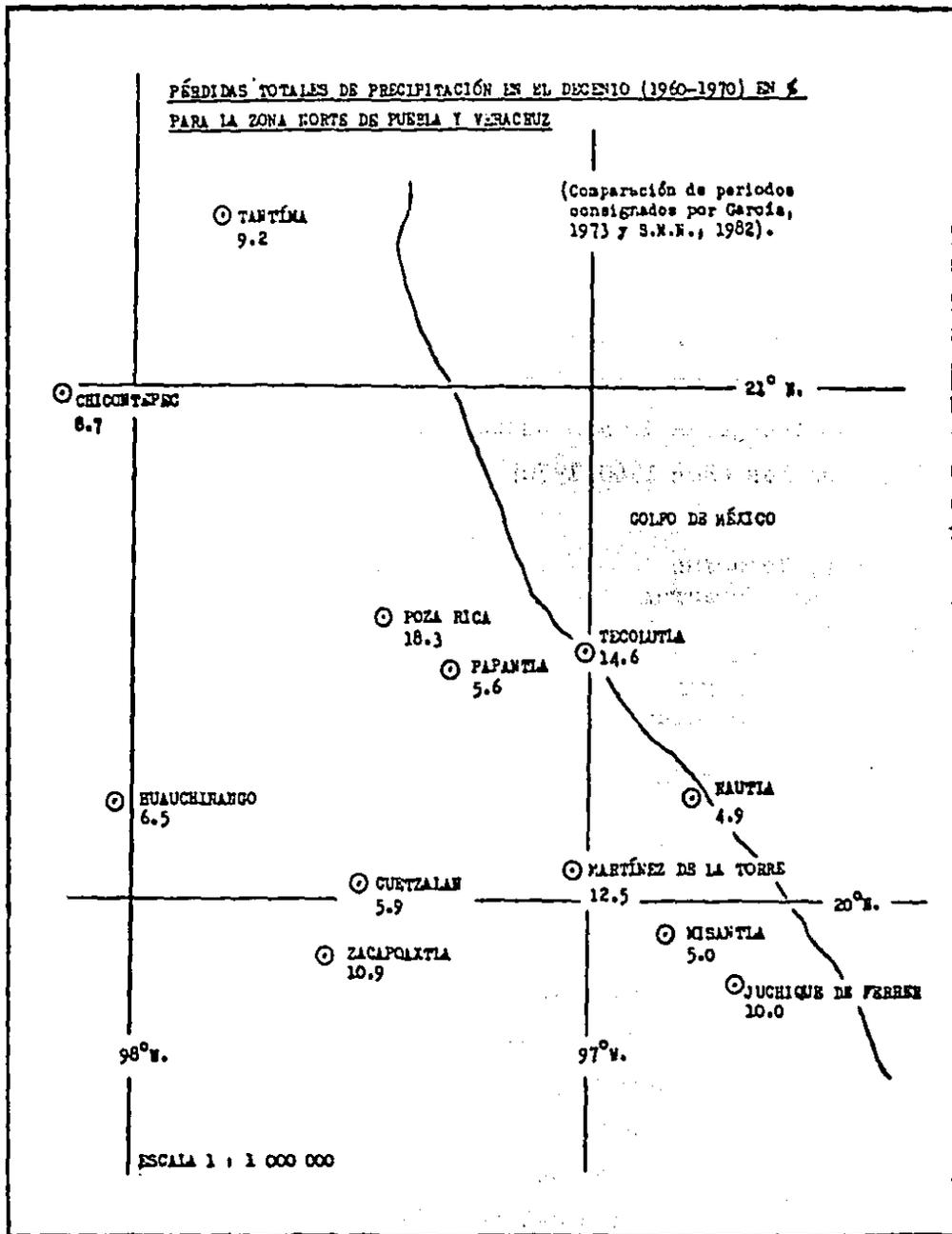
(véase también la fig 47)

Para saber realmente como era la zona vainillera mexicana, es válido añadir en la gráfica recientemente construida la (PTA) que representan estas pérdidas, pues los años 1956-1960 representan la máxima producción de vainilla de nuestro país y corresponden en cierto modo a dichos valores de precipitación. (Véase la sección de HISTORIA DE LA VAINILLA). Cabe anotar que así como el número de años de observación oculta la variabilidad interanual de la (PTA) y otros fenómenos del clima, en los promedios de periodos cortos puede darse el caso de que el ocultamiento no sea total y uno confunda cambios climáticos numéricos con variabilidades interanuales y viceversa. Por ello, analizamos 12 estaciones climatológicas con el método de Flores & Ostwald (1985) localizadas dentro y fuera de la zona vainillera mexicana sólo para confirmar si estábamos en lo correcto. Anotamos enseguida dichas estaciones, su localidad y pérdidas totales de (PTA) en los años 1960-1970:

JUCHIQUE DE FERRER, Veracruz	10.0 %
MARTÍNEZ DE LA TORRE, Veracruz	12,5 %
MISANTLA, Veracruz	5.0 %
PAHAL DE NAUTLA, Veracruz	4.9 %
PAPANTLA DE OLARTE, Veracruz	5.6 %
POZA RICA DE HIDALGO, Veracruz	18.3 %
TECOLUTLA, Veracruz,	14.6 %
CUEPZALÁN DEL PROGRESO, Puebla	5.9 %
TANTÍMA, Veracruz	9.2 %
CHICONTEPEC DE JUAREZ, Veracruz	8.7 %
ZACAPOAXTLA, Puebla	10.9 %
HUAUCHIRANGO, Puebla	6.5 %

El fenómeno está generalizado, pero los valores, llevados al mapa local no podían ser unidos aparentemente por medio de isolíneas sólo con tan pocas estaciones. Sin embargo, cada valor responde exactamente a la magnitud de la deforestación de la localidad que representa, y Poza Rica, que parece dispararse demasiado debe su número al calor que desprenden los mecheros de quema de gases del petróleo, fenómeno que incrementa la capacidad de humidificación del aire y reduce la tasa de saturación y por lo tanto, la posibilidad de lluvia.

FIGURA 41



VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA PRECIPITACION (VIP)

En el transcurso de la elaboración de los cálculos del apartado precedente, tuvimos la oportunidad de conocer el trabajo de Medina, (1986) para estimar la sequía, quien menciona que éstas son cíclicas y que por lo tanto, el clima nacional no ha cambiado, en base a un análisis muy detallado de la (PTA) en México, lo que contradice nuestras observaciones y nos obliga a confirmarlas o descartarlas con la aplicación de métodos matemático-estadísticos más formales, pues lo que hemos hallado en la zona vainillera y sus alrededores, no nos permite aceptar como válido lo que Medina afirma.

En este contexto, nos fue posible contar con la orientación del Ing. Pedro A. Mosiño, quien nos proporcionó sus trabajos sobre la sequía intraestival o canícula (1966) los cálculos para analizar la (VIP) por medio de la función factorial "Gamma" y nos orientó con respecto a dudas relacionadas con los datos del viento registrados en el Atlas del Agua (SARH, 1976). Enseguida, conseguimos en el Observatorio Nacional, los datos de precipitación de Misantla, Ver. para un periodo de 40 años (1941-1980) ^{FIG. 45} y así, evaluamos la fidelidad descriptiva de la función gamma en una estación climatológica de "variabilidad extrema tropical típica", para confirmar la presencia del cambio de clima que nos ocupa y que hasta este momento, incluía casi totalmente la parte Norte de los estados de Puebla y Veracruz (e inclusive todo el litoral mexicano del Golfo, si se relaciona con los procesos Playa-salar-duna que se están desarrollando en Tabasco y Campeche) (Flores Díaz, 1986 Com. Pers.). Empero, la necesidad del rigor técnico y metodológico a que obliga el objeto de esta tesis en cuanto a determinar la situación actual y el futuro de la vainilla en México, nos ha llevado más lejos; hemos analizado en forma global la circulación del viento, las tendencias del clima y de la zona de canícula en función del comportamiento del viento, la (VIP) por medio de la función gamma (obtención de modas aritméticas ponderadas) y utilizado la media aritmética para evaluar la (VIP) en forma convencional, año con año, inclusive aplicamos el "Coeficiente de Variación de la Precipitación" ^{FIG. 43} a las modas y medias obtenidas y lo graficamos en forma de moda y media acumuladas para ver si se estabilizaban con los datos de Misantla. ^{FIG. 48} Los resultados

nos permiten establecer hipótesis climatológicas y enunciados muy serios que permiten dar a cada método empleado su justo valor y utilidad, no solo en el plano general, relacionado con las actualidades científicas de la predicción y comprensión de la lluvia, sino también en función de los objetivos de esta tesis. Debemos disculparnos en este punto con muchos lectores que hayan seguido hasta aquí las intenciones de escribir esta tesis en forma didáctica, pues la relativa sofisticación de los métodos empleados a continuación nos obliga a recurrir a tecnicismos áridos de asimilar e inevitables para una correcta exposición.

ENUNCIADOS DE HIPOTESIS ("sensu lato")

La lógica indica que las medidas estadísticas de tendencia central, como la moda, la media y la mediana; y las de dispersión, como el coeficiente de variación, la desviación típica, la varianza o el sesgo, etc., oscilan de posición —numéricamente hablando—, a lo largo de la adición de valores en series de tiempo; es decir, cambian, tanto de valores como de posición relativa con respecto a la población que están expresando. Si el clima puede ser definido cada cierto periodo (10, 30 años, los climatólogos todavía no están totalmente de acuerdo en esto), éstos valores también lo pueden ser, y en teoría, si el clima no cambia deben ser iguales para cada período, pero si el clima sufre alguna modificación, ellos se modificarán consecuentemente tanto más en el sentido y magnitud que la modificación les otorgue. Por lo tanto, si un método numérico-matemático-estadístico dado, requiere para fijar una función dada, de series de tiempo superiores a los 10 años (mínimo 30 años para la distribución Gamma), y homogeneiza los valores registrados mediante dicha función, puede lograrse que la expresión matemática resultante de la tal función sea "coherente en si misma", absorbiendo totalmente —y sin que sea posible recuperarla mediante la función o expresarla con ella—, cualquier variabilidad o tendencia matemática, positiva o negativa, definitiva para la comprensión integral de la serie de tiempo considerada. Así, en ecología, la función Gamma, puede "desaparecer" cambios climáticos, ocultando tendencias.

Para nosotros, y para la agricultura en general, es efectivamen-

te importante definir con claridad del clima y otorgarle fórmulas que expresen su estabilidad relativa, pero únicamente si en realidad la presenta. Pero es mucho más importante cualificar los cambios climatológicos dentro de las series de tiempo, para conocer —en primera instancia— sus tendencias cualitativas, ^{Fig. 49} y si también es posible —en una instancia secundaria— sus tendencias numéricas en un sentido cuantitativo estricto. La función gamma, puede así, ser coherente en si misma, puede unificar mediante una distribución única largas series de valores en el tiempo, y puede también, mediante el uso de sus parámetros, ser llevada al plano por tener expresión continua, pero también, y este es el problema, ocultar graves cambios o tendencias importantes del clima ^{Fig. 48 vs. Fig. 49} que importan más por sus consecuencias ecológicas para el éxito de los cultivos. En síntesis, nos interesa más evaluar las tendencias que establecer normales artificiales, cuya validez sólo es temporal ecológicamente hablando. En este contexto, funciones como la gamma, que por sus características típicas, representan una valiosa aportación metodológica, deben ser tomadas en consideración con extremo cuidado al aplicarlas a series de tiempo, tanto más cuanto más grandes sean estas y especialmente si no se sabe si manifiestan alguna tendencia a incrementarse o decrecer.

DEMOSTRACIÓN

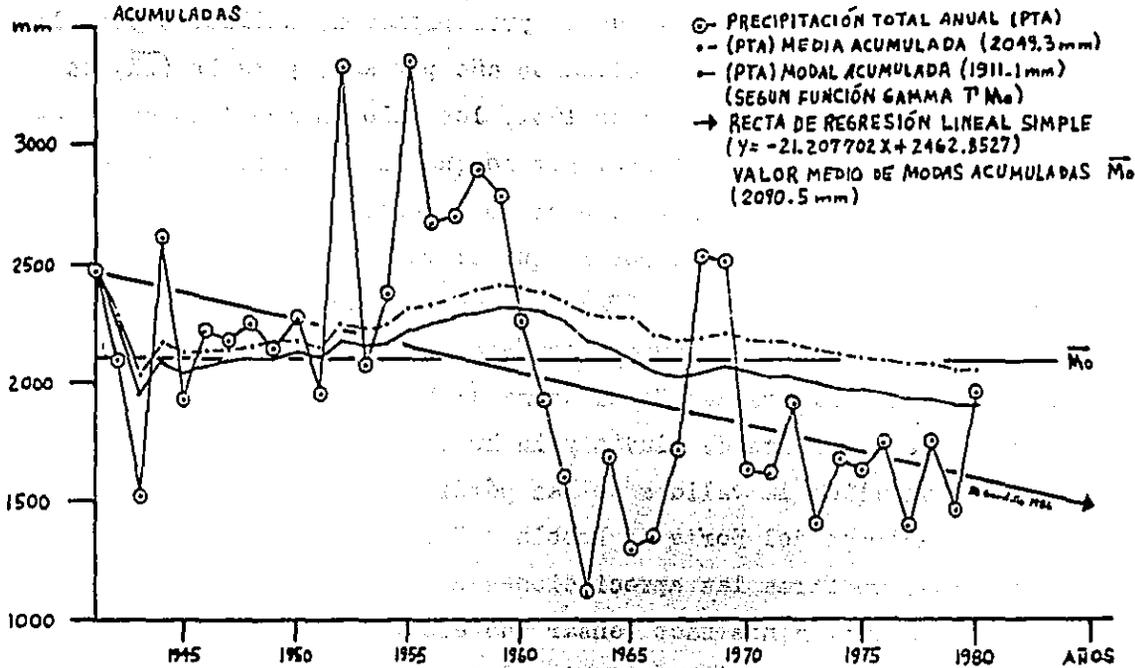
Hemos graficado la (PTA) de Misantla, Ver., durante 40 años ^{Fig. 46} (1941-1980). A la misma gráfica, le añadimos primero la media acumulada ($\bar{\Sigma X}$) de la (PTA) año por año. Obsérvese que los valores nunca se estabilizan (línea recta horizontal), que es lo que se espera al utilizar el parámetro ($\bar{E X}$), por lo que la (VIP) siempre está presente en esta localidad, y el valor final dado, de 2049.3 mm, es en consecuencia estadísticamente correcto, pero arbitrario con respecto a la realidad, pues la (PTA) asume valores muy lejanos a él. A continuación, añadimos la Moda (Mo) calculada con el método de la distribución gamma de Mosiño y García, pero también en forma acumulada, año por año ($\bar{E Mo}$). De aquí puede deducirse objetivamente, que la (Mo) calculada por este método, adolece de casi todos los defectos que Mosiño y García le señalan a la (\bar{X}) para

justificar el uso de la Distribución Gamma. Empero, ésta (M_0), además de que tampoco se estabiliza al ser así ^{F 16 '41}graficada, nos prueba objetivamente su dependencia de la (\bar{X}) poblacional, pues es de observarse, que ambas líneas son prácticamente paralelas, lo que no debería ocurrir si por este método la moda fuera realmente tal. Así, las ventajas anotadas por los autores mencionados, no parecen sustentarse en los hechos, al menos para estaciones con monzón tropical y alta variabilidad pluvial como la que nos ocupa.

Otro dato interesante, radica en calcular el valor medio de las modas acumuladas ($\bar{\Sigma} \bar{M}_0$), que es de 2090.5 mm. El hecho de que éste valor sea mayor que el de ($\bar{E}\bar{X}$), plantea serias dudas con respecto al "Mayor margen de seguridad de la moda en relación con la media" y vuelve a cuestionar la validez de la gamma en este tipo de casos. Además, ($\bar{\Sigma} \bar{M}_0$) es casi igual a ($\bar{E}\bar{X}$); por último, aplicando una regresión lineal simple en la misma gráfica, puede verse que la tendencia de los datos es marcadamente decreciente, tal y como lo hemos venido observando a lo largo de la elaboración de esta tesis. En consecuencia, todas las funciones matemáticas aquí aplicadas están ocultando la realidad; es más, la reflejan demasiado vagamente, por lo que puede plantearse que, o bien la (PTA) es un fenómeno cuyo comportamiento es impredecible, o que la estadística que se le está aplicando no es la adecuada. Al respecto, el riego artificial, y la producción de calor por parte del hombre, pueden ser algunos de los elementos que haya que considerar aplicándolos como factores de corrección a los valores de (PTA) para hacer de ésta un fenómeno predecible. La deforestación de grandes áreas boscosas, el uso de mecheros para quemar gas de petróleo, y el riego artificial de grandes áreas agrícolas, forzosamente tienen influencia sobre el clima global. Adelante, y hasta donde sea posible, demostraremos todo esto.

Demostrado con el tratamiento estadístico especial previo, que en Misantla, la Moda (M_0) y la media (\bar{X}) son equivalentes ^{F 14.48}(2090.5 y 2049.3 respectivamente), cambiamos de método de expresión gráfica, para usar el

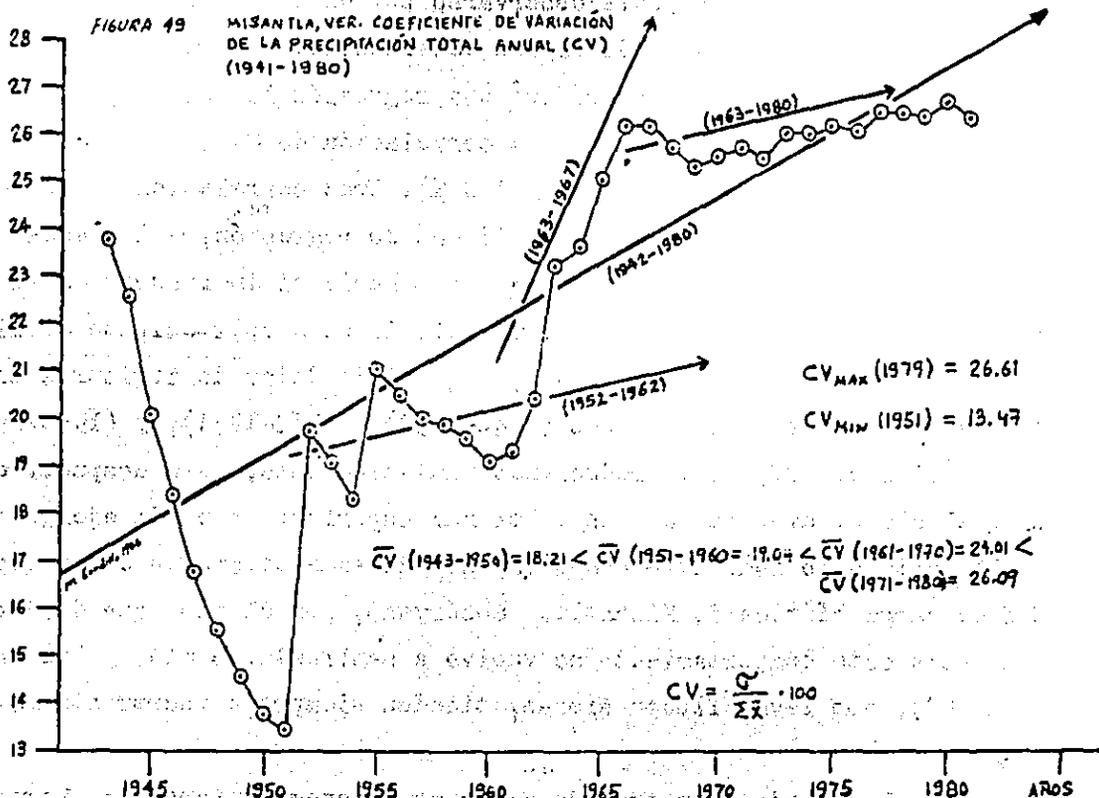
FIGURA 18 MISANTLA, VERACRUZ, MÉXICO (1941-1980)
PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL, MODA Y MEDIA ACUMULADAS



(FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL)

(CV) %

FIGURA 19 MISANTLA, VER. COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (CV) (1941-1980)



"Coeficiente de variación" (CV) de la precipitación, utilizado por Flores y Ostwald (1985) pero lo graficamos año por año, para la (\bar{X}) de Misantla. ^{FIG. 49.} Obsérvese que después de 1951, los valores muestran una tendencia definitiva a incrementarse, por lo que el clima realmente está cambiando: cada vez llueve menos, o si se quiere, las precipitaciones son cada vez más esporádicas, por lo que el resultado final viene a ser el mismo, pérdida total de la (PTA) en unos cuantos años de continuar las tendencias actuales de pauperización ambiental. Esto coincide con lo declarado por la Universidad Veracruzana (1984) en el sentido de que se ha reducido la esperanza de lluvia y la humedad general de toda la zona vainillera; verifica la validez de las pérdidas de lluvia que anotamos para las estaciones del Norte de Puebla y Veracruz -y el método empleado para ello-, confirma las apreciaciones de Flores D. (1986, com. para.) anotadas más atrás, y nos hace pensar que efectivamente se está volviendo más seco todo el litoral del Golfo de México.

De existir una regularidad dada, o un comportamiento cíclico de la (PTA), es obvio que podrá observarse por este método, pues el (CV), sólo detecta la variabilidad de un año determinado, con respecto al que le precedió. Realizamos en la gráfica una regresión lineal simple de todos los datos y ésta, indica, con una correlación de 0.79, que para el año 2192 la variabilidad será total (100 %). Tres correlaciones secundarias, expresadas por sus respectivas líneas de regresión, ^{FIG. 49} y los años que abarcan, también muestran tendencias varias hacia el incremento en el futuro. En cambio, en el pasado, parecía existir un comportamiento cíclico que para ser correctamente apreciado, requeriría datos de registros más antiguos; obsérvese los períodos (1942-1957), (1952-1954), y (1955-1961) en los cuales el (CV) se va reduciendo paulatinamente, para después, concluido el ciclo, dispararse a un valor muy superior; con más ejemplos, probablemente esto demuestre una serie de caídas escalonadas de la capacidad de carga hídrica de Misantla. Obsérvese, por último, que de 1963 en adelante este comportamiento no vuelve a manifestarse más, y los valores de (CV), con leves fluctuaciones, tienden siempre a incrementarse.

Limitando este trabajo a las estaciones de Papanla, Martínez de la Torre, Tecolutla y Misantla, para evaluar los cambios de clima, ano-

Pag. 262

taremos a continuación cuáles han sido éstos, en función de algunas de las clasificaciones mundiales de climas empleadas en esta tesis, comparando los datos de los períodos dados por García (1973) y el S.M.N. (1982) y añadiendo, cuando sea posible, los resultados mencionados por otros autores u obtenidos a partir de la información que nos brindan. En la tabla correspondiente (Véase más adelante), puede observarse que las manifestaciones de cambios climáticos expresadas por las fórmulas de los diferentes autores, son evidentes; casualmente, cuando un cambio no es detectado por una clasificación dada, es expresado invariablemente en otra, y si el cambio no existiese, todas las fórmulas y valores permanecerían constantes.

Pag. 263

Observando la tabla, todas las estaciones muestran cambios de fórmulas, signos o valores significativamente suficientes para demostrar que existen pérdidas de precipitación, aumentos de temperatura, cambios estacionales de la distribución de factores del clima, y por lo tanto, no se trata ya de variaciones cíclicas del clima, que además quedarían ocultas en los promedios, sino de verdaderas modificaciones climáticas de orden global, que demuestran todo lo que hemos venido anotando hasta aquí con una tendencia general uniforme que no permite la contradicción de datos entre las diferentes estaciones analizadas. Si por escepticismo, muy común en nuestra comunidad científica, se pretendiera que los cambios que detectamos aquí, no son suficientemente significativos, entonces se tendría que pensar, consecuentemente, que las clasificaciones climáticas empleadas no tienen ninguna validez! Nosotros no defendemos ninguno de los antagónicos puntos de vista. Simple y sencillamente consignamos nuestras observaciones y sugerimos que se actúe en consecuencia antes de que sea demasiado tarde para que resulten comprometidos en todo el Norte de Puebla y Veracruz, los cultivos sensibles a estos cambios, de los cuales la vainilla es el más delicado.

GAMBOS CLIMATOLÓGICOS APRECIADOS EN LA ZONA VAINILLERA MEXICANA :

(Estaciones y periodos según García, 1973 y S.M.N., 1982, respectivamente)

PAPANTLA	MARTÍNEZ DE LA TORRE	TECOLUTLA	MISANTLA
{1929-1960} {1950-1970}	{1951-1960} {1945-1970}	{1951-1960} {1951-1970}	{1923-1960} {1941-1970}

CLASIFICACIÓN DE VLADIMIRO PEDRO KÖPPEN MOD. PARA MÉXICO POR E. GARCIA, 1964

Aw'' ₁ (e)	Af(m)(e)	Am(e)	(A)C(fm)w''a(e)	1
Aw' ₁ (x')(e)g	Af(m)(e)g	A(C)(fm)w(x')w'a(e)g	A(C)f(m)w(x')w'a(e)g	2

CLASIFICACIÓN DE C. WARREN THORNTHWAITTE DE 1931, Y CLASIFICACIÓN DE 1948

BA'ra'	BA'ra'	BA'ra'	BA'ra'	3
B ₁ w'A'a'	B ₁ rA'a'	C ₂ rA'a'	B ₂ rA'a'	4
CdA'b	BrA'b	BrB'b	BrB'b	5
C ₁ w'A'a'	C ₂ rA'a'	B ₁ rA'a'	B ₁ rA'a'	6

MÉTODO AGROCLIMÁTICO DE ARMANDO L. DE FINA, 1950

40/36, 4/3 +	40/36, 6/4	40/36, 9/3	40/35, 6/5	7
		39/36, 5/3	39/35, 6/5	8
40/36, 4/3	40/36, 4/4	40/35, 5/3	40/35, 6/4	9

CARACTERIZACIÓN HÍDRICA DE R. LANG, 1920 (Coeficiente P/T)

49	73	72	100
45	64	68	94

CARACTERIZACIÓN HIDROTÉRMICA DE EMMANUEL DE MARTONNE, 1940 (Índice de Aridez P/T+10)

34	51	50	70
31	45	48	66

- NOTAS: 1) Clasificación tomada de García (1973) y DGGTAL, Atlas Nacional (1981).
 2) Clasificación nuestra según fuentes bibliográficas.
 3) Sistema de 1931, clasificación tomada de Thornthwaite (1931), Contreras (1942) y rectificadas en Tamayo (1962).
 4) Sistema de 1948, clasificación nuestra según fuentes bibliográficas.
 5) Sistema de 1931, clasificación nuestra según el sistema original.
 6) Sistema de 1948, clasificación nuestra según el sistema original.
 7) Cálculos nuestros con datos de García (1973).
 8) Cálculos nuestros con datos de Montoya (1945) rectificadas en Bouriquet (1954).
 9) Cálculos nuestros con datos del S.M.N. (1982).

DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE LOCALIDADES VAINILLÍCOLAS MEXICANAS

La diversidad y gran complejidad de factores, tanto naturales como artificiales, que se conjugan para hacer posible la existencia de zonas agrícolas productoras de vainilla, hace de este cultivo uno de los más difíciles de establecer, manejar y mantener en un alto nivel productivo constante que permita la competencia de la mercancía elaborada en el Mercado Mundial.

No es casual así que las zonas naturales en donde existía el producto en forma silvestre o exitosamente introducido, tal vez afectadas recientemente por cambios de clima desfavorables a la repoblación y permanencia de la especie, que no podemos evaluar pero si suponer, hayan sido tan sobreexplotadas por la recolección en el pasado reciente, o se hayan visto sujetas a tantas presiones ambientales, que por esto es que ya no se encuentra vainilla en ellas. Cómo explicar entonces, tan sólo para México, las numerosas referencias de los autores que, desde el siglo XVI y hasta mediados del XX, habían encontrado vainilla o vainillales, en los estados y localidades siguientes, y ahora, esta planta ha desaparecido virtualmente de casi todas ellas:

CAMPECHE.

CHIAPAS (23 Municipalidades).

GUERRERO (Distritos de Galeana, Mina, Tabasco y La Unión).

HIDALGO (Achiotepec y Pisaflores).

JALISCO (Sihuatlán y Tomatlán).

MICHOACÁN (Coahuayana).

OAXACA (Vertiente Este de la Sierra de Oaxaca, hacia el golfo de México, a partir de Valle Nacional, Noroeste del Estado, Distritos de la Costa del Pacífico, Ojitlán).

PUEBLA (Hueytamalco, Huehuextla, San José Acateno, Sierra Norte de Puebla, Sierra de Zacapoaxtla, Tenampulco).

QUINTANA ROO.

SAN LUIS POTOSÍ. (Zona de la Huasteca Potosina).

TABASCO (Casi todos los bosques del estado, Comalcalco).

VERACRUZ (Acahuacan, Cazonas, Coatzintla, Colipa, Coyutla de San Andrés, Espinal, Gutiérrez Zamora, Jicaltepec, Martínez de la Torre, Minatitlán, Misantla, Nautla, Papantla, Poza Rica, márgen y bosques del Río Quilate, Santiago Tuxtla, San Andrés Tuxtla, Tecolutla, Tihuatlán, Tlapacoyan, Turpan, Tuxtepec, Yacuatla cerca de la Sierra de Chiconquiaco, Zongolica y Zozolco.).

YUCATÁN.

Siendo un producto tan apreciado, tan sólo el darse cuenta de su desaparición en tantos lugares, y el fracaso del cultivo en gran parte del mundo a pesar de todos los cuidados que se le prodigan, hace pensar, que una de las razones más importantes para su desaparición, y tal vez la más significativa, ha sido precisamente, tal y como hemos venido observando hasta aquí, la desecación de las zonas de clima tropical húmedo que le eran favorables; ^{Fig. 47} el desconocimiento específico de cuales eran éstas sería otra razón. En estas condiciones, el daño provocado por el hombre al destruir las selvas, hace que tampoco sea casual que Madagascar le haya quitado a México la primacía del mercado mundial, pues los malagaches, sí tienen grandes zonas climáticas adecuadas al cultivo (además de mano de obra barata), y por lo tanto, en cierta medida, no resulta vergonzoso (como afirman algunos) el hecho de que México no ocupe el primer lugar en la producción del mundo, sino más bien lamentable, por el daño inconsciente que se le ha hecho a nuestra zona tropical forestal.

En apoyo de estas tesis, ha sido muy importante el haber encontrado que en aquellos años en que últimamente se destinaron a la vainilla más hectáreas de cultivo en México, el incremento superficial resultaba (paradójicamente de acuerdo a lo que la esperanza de los agricultores deseaba), inversamente proporcional a la cantidad de producto cosechado y beneficiado ^{Fig. 3} (véase el año 1985, y los periodos precedentes, en el capítulo de HISTORIA DE LA VAINILLA), ^{Figs 44} lo que demuestra que la actual zona vainillera de México está extremadamente restringida en superficie, y sólo donde han coincidido casualmente las condiciones climáticas adecuadas y una enorme experiencia vivencial en el manejo agrícola tradicional del cultivo, es que se le puede encontrar todavía.

Tan sólo el sentido común y la experiencia centenaria, han permitido que algunos cultivadores mexicanos tengan vainillales productivos y competitivos. Ello se debe a que únicamente sobre bases empíricas, han establecido riego por aspersión, adición de fertilizantes solubles al agua de riego, nuevos métodos de siembra y adición de cómpost, etc, que "suplen" deficiencias ecológicas que no conocen ni en detalle, ni de origen, pero que evalúan por síntomas carenciales manifestados por sus plantaciones, los cuales al ser comentados al personal técnico que ocasionalmente les asesora, lo dejan "en las nubes" por falta de contexto. Así, la alternativa es actuar por ensayo y error, y sin la base científica; no obstante, algunos como se dice vulgarmente, "han dado en el clavo" y en consecuencia, acaparan el mercado nacional sin divulgar su -para nosotros- relativo secreto. A pesar de ello, son sorprendidos de repente por disequilibrios ecológicos (plagas, enfermedades etc..) y sufren pérdidas cuyo origen sólo vagamente alcanzan a discernir. Y es que el clima y el suelo (hablamos del humus y mantillo superficial donde viven las raíces de la vainilla; véase el capítulo de ^{PAG. 141 Y SIGUIENTES} EL SUELO), están sufriendo modificaciones que pueden terminar definitivamente con la existencia de la vainilla cultivada con éxito comercial en nuestro país. Más atrás, hemos anotado que el parámetro de "Pérdida de la precipitación" no se prestaba a ser llevado al plano, ^{Pág 254} pues la deforestación que es su principal causa determinante, sigue una distribución puntual o "en mosaico". Así, hemos valorado la fidelidad termopluviométrica mensual, de las localidades con mayores posibilidades vainillícolas de México, comparándolas todas entre sí, y con las de Madagascar, lo que nos brinda algunos resultados cualitativos altamente probables de lo que cabe esperar en cada una de ellas en relación con el ciclo de vida de nuestra planta. Esto último, lo hicimos mediante el manejo de toda la información que hemos consignado hasta aquí y el uso de climatogramas. FIGS. 50 A 54

Ya que habíamos elaborado por necesidad, un estudio detallado de cuatro localidades productoras de Madagascar, no estaba de más elabo-

Pag. 269

rar asimismo para éstas, el análisis ecológico que aplicaríamos a las de Veracruz. ^{Pa. 272} Esto resultó útil como entrenamiento conceptual y reforzó nuestros patrones de comparación. De todos modos, los resultados son cuantitativos (exceptuando aquellos a los que otorgamos un valor numérico), por lo que confrontados con la realidad pueden resultar significativamente diferentes en función de las variables que por falta de información documental de Madagascar no pudieron ser consignadas y evaluadas aquí. Por otro lado, hay que tener siempre presente que los patrones utilizados son promedios de parámetros extremadamente variables; ^{FIGS. 64, 65, 66.} dicho de otro modo, lo que anotaremos a continuación varía en función de la definición temporal del clima, tiene funcionalidad y coherencia metodológicas porque se basa en datos tomados de la realidad, pero tomado como "receta de manejo de una plantación" en una localidad dada, está en cierto modo obsoleto, pues los datos y valores consignados corresponden a periodos de tiempo que aunque son recientes, no son actuales. Ello significa que cada plantación requiere su propio diagnóstico y, que la metodología que utilizamos es parte del mismo (pues deberá ser adaptada según lo que se encuentre en la mencionada plantación). De todas formas, el trabajo teórico de la climatología aplicada, como se realizó en cada caso, únicamente define y explica los hechos encontrados "a posteriori", y únicamente ciertas tendencias observadas en los datos, pueden servir si por criterio técnico, y observación directa "en el campo", el agricultor observa que se mantienen constantes o fluctuando de modo aproximadamente predecible, lo que simplifica la toma de decisiones. Para nosotros, el éxito en el cultivo de la vainilla representa uno de los logros más grandes del arte de la agricultura.

HIPÓTESIS DE TRABAJO DEL DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO

Si el Ciclo anual termopluviométrico ideal relativo de la producción de vainilla en cantidad, está dado por el Climatograma de Antalaha (Madagascar), ^{FIG. 50} y en calidad, por el del pasado reciente de Papan-tla (Ver., México), ^{FIG. 52} entonces, todos los climatogramas intermedios, fluctuarán entre una u otra calificación de la producción, siempre y cuando todos sus valores se mantengan dentro del intervalo así definido. ^{FIG. 54.} Además,

los valores termopluviométricos mensuales de cualquier otro ciclo anual, que al ser comparados, excedan sus límites en cualquier sentido, manifestarán problemas carenciales ecológicos o agresiones ambientales típicas, tanto más graves conforme más se alejen del intervalo, y diferentes entre si, en función de su posición relativa con respecto al ciclo anual. Identificados los problemas según su posición en las áreas respectivas de cada sección de la gráfica de climatogramas ideales, ^{Fig. 54} es posible también identificar problemas para la variabilidad interanual de un año dado, de las estaciones utilizadas como parámetros ideales, puesto que cada período en el tiempo, brinda su propia explicación sobre la gráfica, es más, por este medio, se puede afinar la exactitud de la cualificación ideal. Por último, otro aspecto importante está dado porque el espectro termopluviométrico de los valores de todas las estaciones consideradas, brinda con bastante aproximación, por presentar en teoría todas las situaciones límites de tolerancia, el área climatodiagramática ^{Fig. 54, 106} límite para saber si una estación dada, mediante sus datos, puede o no ser vainillera y además, en que condiciones.

Los enunciados expuestos previamente, no pueden ser improvisados para ningún cultivo. Requieren una sólida sustentación en un sistema conceptual de referencia, ^{1955, 61-62 y 67} dado por el análisis de la información teórico-práctica del ciclo de vida de la planta estudiada, y la obtención ^{Fig. 54} de sus límites cualitativos. El hecho de que el climatograma sea utilizado para la evaluación, no significa de ninguna manera que los datos se basen sólo en temperaturas y precipitaciones medias. Debe entenderse que éste únicamente es el sistema de referencia, lo que importa es definir con hechos los aspectos cualitativos que otras variables en conjunto brindan para la evaluación y después, conjuntarlo todo, en la medida que el sistema de expresión gráfica lo tolere. Todo lo cual puede ser interpretado como una simple analogía tautológica cualitativa de la capacidad descriptiva que se logra mediante las gráficas que se obtienen en el método de "Análisis de correspondencias" realizado por computadora. (véase: Conesa y Col. 1975).

ANTALABA

Reúne las condiciones casi ideales para la producción de vainilla en cantidad: 80 Km al Noroeste se eleva el monte Marojezy, con 2137 m de altitud, el cual forma parte del Macizo Montañoso del Tsaratana-na, que un poco más lejos en la misma dirección, tiene las montañas más altas del subcontinente con alturas superiores a los 2000 mts.^{Fig. 18}. Esta conformación montañosa, que produce precipitaciones constantes por adiabatismo, se combina con vientos alisios tibios que traen gran humedad y nubosidad, provenientes del centro de máximas del Océano Índico en el Sureste, los cuales sufren efecto de embalse a lo largo de toda la costa Este de Madagascar, para después adquirir el levantamiento topográfico forzado (que como en México con los Nortes y los Alisios), brinda la precipitación adecuada en Otoño e Invierno. El Otoño es cálido y semicálido, muy húmedo, con vientos cada vez más tibios y constantes, y el invierno es semicálido-húmedo, con vientos tibios constantes, y noches templadas.^{Fig. 50.} Sin embargo, la caída de la temperatura conforme avanzan estas estaciones se anticipa a aquélla que encontramos en Papantla,^{Fig. 51.} por lo que los frutos no pueden alcanzar su volumen máximo, aunque finalmente resultan con una calidad aceptable. Si la vainilla requiere efectivamente de un período de reposo, éste se da aquí al bajar las temperaturas medias a menos de 20°C en diciembre y enero. De todos modos, la mínima extrema local no es muy inferior a este valor, por lo que puede suponerse que el periodo de reposo es insuficiente y solo es compensado debido al vigor que han adquirido las plantas gracias a lo benigno del clima y al abonado artificial. Con el inicio de la primavera, semicálida-semiseca, a cálida-semiseca, con vientos cada vez más cálidos y esporádicos, el centro de máximas del cual proviene el viento se desplaza hacia el sur, lo que incrementa el rozamiento de éstos con el terreno y reduce su intensidad, por lo que aún siendo cálido, tanto en primavera como en verano, su poca velocidad permite un aumento muy gradual de la temperatura, lo que alarga el período de floración y raras veces se asocia con sequías pues la humedad va aumentando también, a partir de la mitad de la primavera. Todo esto se debe a la marcada influencia marítima ejercida por el choque frontal de las corrientes marinas ecuatoriales en la costa de Antalaba, todo el año, combinación de factores que da una enorme estabi-

Fig. 21 y 40.
 lización térmica que permite el máximo desarrollo vegetativo, puesto que la temperatura nunca equilibra la fotosíntesis con una excesiva transpiración que detenga o reduzca el crecimiento. Este fenómeno, trasciende a una reducida variabilidad interanual de temperaturas y precipitaciones, lo que redunda en años constantemente productivos (al contrario de lo que ocurre en México), por lo que siempre hay suficiente producción como para mantener una posición en el mercado mundial de la divisa.

HELL-VILLE

Fig. 18
 Está en la pequeña isla de Nosy-Bé, junto a la costa noroeste de Madagascar. Aquí, la corriente marina Ecuatorial Norte, que viene rodeando la costa, se enfrenta indirectamente con la corriente de Madagascar, que corre hacia el Sur, lo que provoca un patrón de comportamiento circular que resulta en un desarrollo especial del ciclo térmico: en primavera y verano, con vientos cálidos débiles del suroeste, la temperatura sube gradual y constantemente, y en otoño e invierno a la inversa, casi con valores y comportamiento idénticos. El desarrollo del calor está por debajo de los valores idóneos, y la influencia de Madagascar, como una barrera para los vientos tibios de invierno, junto con la influencia del continente africano, hacen que esta estación sea semiseca, y más fría que en Antalaha, es más, Diciembre presenta la temperatura media más baja de todas las estaciones vainilleras estudiadas, y sólo la gran influencia oceánica, y la nubosidad, impiden lo que ocurriría en México (la aparición de mínimas extremas asociadas a heladas además de sequía). En verano y otoño llueve excesivamente, lo que exige buen drenaje para evitar pudriciones y abonado constante si se desea una regular producción y mucha mano de obra para deshierbar las plantaciones.

Fig. 50
 Fig. 22

MAROANTSETRA

Fig. 18
 Se localiza al suroeste de Antalaha, muy cerca de esta población, tras una pequeña línea de cerros, al fondo de la Bahía de Antongil

rodeada de montañas que encajonan las nubes traídas por los vientos alisios, que son casi idénticos que en Antalaha. El periodo de reposo es mínimo y la sequía relativa se retrasa casi un mes, ^{FIG. 23} junto con ella la floración. Después, el encajonamiento produce lluvias excesivas todo el año. Las temperaturas, sin ser muy altas, siguen una ^{FIG. 50} marcha anual muy favorable y estable, pero la lluvia es el factor limitante (es la más lluviosa de las estaciones estudiadas). Con drenaje deficiente fácilmente se ahogan y pudren las raíces, el humus y el mantillo se descomponen muy rápidamente y la lixiviación de nutrientes es excesiva, se requiere añadir compost y restituir bases, por lo demás, en estas condiciones la calidad y cantidad de la cosecha es muy variable. Hemos visto la vainilla sembrada en cáscaras de coco, lo cual parece ser una solución parcial, mediante un método de cultivo especial, para un clima tan extremo.

MAHANORO

Es la localidad más austral de todas las estudiadas, y se encuentra en la parte media de la costa Este de Madagascar. ^{FIG. 18} La estabilidad térmica de su clima hace condicionalmente innecesario el periodo de reposo en cuanto a la temperatura se refiere, ^{FIGS. 24 y 50.} y si este se dá, se debe únicamente a la concentración mayor de sales en el sustrato, originada por la sequía relativa. Como en el caso anterior, llueve demasiado y se requiere cuidar el drenaje, aunque la definición de las estaciones es bastante mejor. La producción puede ser bastante buena si la desaparición de las bajas temperaturas del periodo de reposo (ahora relativo), común a todas las otras estaciones vainilleras analizadas, no la compromete en alguna forma. No contamos con suficiente información como para aclarar esta duda.

PAPANTLA

Ha sido denominada "Capital Mundial de la Vainilla", lo cual actualmente se ha constituido en leyenda. Papantla ha sufrido severos cambios de clima. Al comparar los periodos de datos dados por Garofa (1973): [1929-1960] y por el S.M.N. (1982): [1950-1970] en el sistema de climatogramas utilizado, ^{FIG. 62} hemos añadido algunas reflexiones y en conjunto, observamos lo siguiente:

El primer punto a tratar es que la producción no puede tener la estabilidad necesaria para mantener un puesto en el Mercado Mundial produciendo un lote de vainilla beneficiada constante cada año, puesto que el ciclo climatológico ideal no sigue un comportamiento periódico que brinde todos los años la secuencia de fenómenos adecuada. ^{FIGS. 41 y 67} Tan solo la SARN, 1976, reportaba en el "Atlas del Agua" una variabilidad interanual de la precipitación del 33.4 %, lo que garantiza la presencia constante de problemas climatológicos como sequías o lluvia excesiva, que por esporádicos que sean, pueden comprometer severamente la marcha productiva de cualquier plantación. Por otro lado, si se implementa el riego. ¿Cómo controlar la humedad y temperaturas ideales que se requieren si alguien decide por ejemplo convertir en potrero el terreno adyacente? Esto implica un análisis costo-beneficio, y una nueva concepción de tenencia de la tierra y uso del suelo que escapen a los alcances de esta tesis. Prosigamos, en tan sólo 20 años, hemos encontrado una manifestación del orden del 8.88 % (ya verificado) de pérdida global de la precipitación. Tan solo el haber comparado las gráficas de balance hídrico (Thornthwaite, 1948), de todas las estaciones estudiadas, ^{FIGS. 21 A 29.} nos demostró que únicamente Papantla, ^{FIG. 25} presenta una sequía absoluta, combinada con escurrimiento nulo todo el año, lo cual fue confirmado con el método de Papadakis (1980) ^{FIG. 42} añadiendo a la demostración un "balance hídrico negativo ($H=0.58$ fuese la sequía absoluta o relativa), valor que ocupa un espacio de 8 meses continuos, lo cual es inadmisibles para el cultivo por los riesgos que conlleva. Veamos que ha sucedido estación por estación: ^{FIG. 52} El invierno es más seco y más frío, lo que demuestra un incremento en la oscilación térmica; la primavera es más seca y más cálida, con amplificación y agravamiento de las condiciones de la temporada de sequía,

por lo que el riego artificial es imprescindible; el verano también es más seco y más cálido, la falta de agua compromete el desarrollo vegetativo, ^{Fig. 41} además, la sequía de medio verano es ahora más intensa y por supuesto, la precipitación más esporádica; el otoño, por último, es más seco y más cálido, especialmente en noviembre, lo que compromete el desarrollo normal de los frutos.

En estas condiciones, se puede asegurar que existe una reducción notable en la humedad relativa del aire y de la estabilidad de dicha humedad, además de una mayor influencia de los vientos secos provenientes del Norte (tanto en invierno como durante la canícula). Todo lo anotado ha sido rigurosamente verificado con los 8 métodos de clasificación climática ^{PAG. 263.} empleados en esta tesis. A la deforestación local fácilmente podemos añadirle como consecuencias directas, un aumento en la velocidad de los vientos superficiales, un mayor calentamiento y deshidratación del suelo, una mayor tasa de descomposición del humus y la materia orgánica, y una menor producción de ambos y finalmente, una gran dificultad para encontrar en la zona de Papantla un área boscosa que con su microclima compense lo que la generalidad de la zona ha perdido y haga posible el cultivo (de hallarse esta, de todos modos el riesgo persiste y se acrecienta). Además, a par tir de 1970 hasta hoy, la deforestación no se ha detenido! por lo que es probable que el problema sea bastante más grave de lo que nosotros hemos descrito aquí.

Entonces, invariablemente se replantearán las preguntas: ¿Por qué se daba la calidad en Papantla?, ¿Qué clima tenía?, ¿Cómo se relacionaba este con el ciclo de vida?, etc. En la parte final del capítulo de ^{PAG. 213 Y SIGUIENTES.} FLORACION Y POLINIZACION hemos detallado ya parte de las respuestas (véase), y aunque ahí los planteamientos eran hipotéticos, casi todo se confirmó al ^{PAG. 244.} analizar los "Auxogramas" modificados por mí, durante la evaluación de las estaciones vainilleras con el método de Papadakis (1980) [véase]. Generalizando, puede decirse que "El ciclo de vida de la vainilla en Papantla, por su relación especial con el ciclo climatológico (Como se ha venido viendo a través de esta última sección con respecto a otras localidades), mantenía en el pasado reciente, a las plantas sujetas a niveles de presión ecológica

cercanos a los límites de su plasticidad genética, que provocaban una respuesta fisiológica de máxima adaptación a la presión ejercida por los elementos del ambiente, expresada en forma de eficiencia en la reproducción: pocos frutos, grandes, muy aromáticos y con muchas semillas, floración casi puntual etc." Asi, puede decirse que en estas condiciones, esta especie estaba siguiendo un patrón de especialización competitiva o "Selección tipo "K" (y r' en aquellas como las de Antalaha para referirnos a los extremos), véase al respecto Pianka (1978) y Grimme (1982) aunque existe abundante literatura al respecto. Esta teoría de la selección natural en los trópicos, se adapta perfectamente a todas las observaciones que sobre vainilla hemos anotado hasta hoy, resultando excepcional el poder observar el patrón tipo "K" en un ecosistema manipulado por la agricultura, lo que demuestra el grado de especialización del vainillero papantleco. ¿No sería posible replantear la concepción del mercado internacional de la vainilla, y acaparar para México un lugar preponderante produciéndola como artículo de lujo, especialmente si la calidad es lo que podemos esperar y buscar?

MARTÍNEZ DE LA TORRE

Con riego en enero, abril, mayo, junio y agosto, presentaba hasta 1970, inmejorables condiciones para ser considerada una muy buena localidad vainillera, pues su ciclo termopluviométrico anual estaba bien ubicado en el intervalo calidad-cantidad, fijado por los de Antalaha y Papantla. Si estas condiciones prevalesciesen todavía, la zona forestal ubicada hacia el Sur, presentaría una buena opción, para establecer vainillerías, lo que es poco probable porque la pérdida global de precipitaciones cada lo años es más grande que en Papantla, del 12.5 % y la variabilidad interanual de la precipitación, al menos igual o mayor que la de la referida localidad. Cabe esperar también temperaturas mínimas extremas problemáticas.

TECOLUTLA

Como la anterior, con riego tenía buenas posibilidades y su

cercanía a la costa, le ayudaba a estabilizar el ciclo térmico, pero las ^{FIGS. 27 Y 51.} temperaturas mínimas medias de enero pueden ser problemáticas, y en los meses más cálidos el calor puede substituir el crecimiento por la necesidad de transpiración. La velocidad del viento, especialmente en temporada de ciclones, y durante los nortes, puede ser fatal. Otros agravantes radican en que la variabilidad interanual de la precipitación es muy alta, 40 % (Según la SARH, 1976) y la pérdida global de la misma del orden del 14,6 % cada 10 años. ^{FIG. 47} Más al Sur, Nautla tiene más precipitaciones, pero los otros valores permanecen constantes, excepto que el daño esperable por el viento es todavía mayor.

MISANTLA

Las temperaturas que predominan en la temporada invernal, retrasan la temporada de floración y alargan el periodo de reposo relativo, ^{FIGS 28 Y 43} ocasionalmente puede haber heladas, y raras veces granizo. El crecimiento vegetal es bueno, y la lluvia hasta 1970 era satisfactoria, pues actualmente, con datos que llegan hasta 1980, ya se empiezan a ver manifestaciones de sequía que pueden ser controladas con poco riego. Es una excelente localidad vainillera, pero su altitud impide todas las ventajas que uno desearía encontrar para colocar una plantación. En 40 años de registros (1941-1980) la variabilidad interanual de la precipitación muestra (como ya señalamos y estudiamos en detalle más atrás), ^{FIGS 48 Y 49} una marcada tendencia a incrementarse, siendo el valor más alto de 26.61 % para el año 1979, con respecto al anterior. Por otro lado, la pérdida global de la precipitación es la más baja de todas las halladas en el Norte de Puebla y Veracruz, sólo ^{FIG 47} 5 %, lo que indica que el deterioro de los bosques locales todavía no alcanza a comprometer el establecimiento de una plantación comercial. La comparación de los auxogramas modificados de Misantla y Antalaha, ^{FIGS. 40 Y 43.} siguiendo a Papadakis, (1980) ^{PAG. 244} [véanse más atrás], muestra definitivamente que todavía hay zonas donde la vainilla puede producir tanto como en Madagascar, en lo que a valores promedios se refiere, aunque tal vez no todos los años por la gran variabilidad del clima. Una ubicación un poco menos elevada que Misantla, en dirección a Martínez de la Torre, puede ser ideal si se cuenta con riego.

PUENTE HENRÍQUEZ

Para esta estación meteorológica no tenemos datos de variabilidad ni de pérdida de la precipitación, puesto que los únicos registros disponibles están en la obra de García (1973) para el periodo [1944-1960], lo que no permite establecer comparaciones para evaluar cambios climáticos. Esta estación, a pesar de encontrarse a bastante altitud (510 m), fue estudiada por ser la única que permitía triangular en alguna forma el área comprendida entre Martínez de la Torre, Misantla y Tlapacoyan, a la que la lógica ^{FIGS. 61 Y 62.} que emana de lo estudiado en esta tesis nos acerca cada vez más, en la búsqueda de una zona vainillera ideal en México.

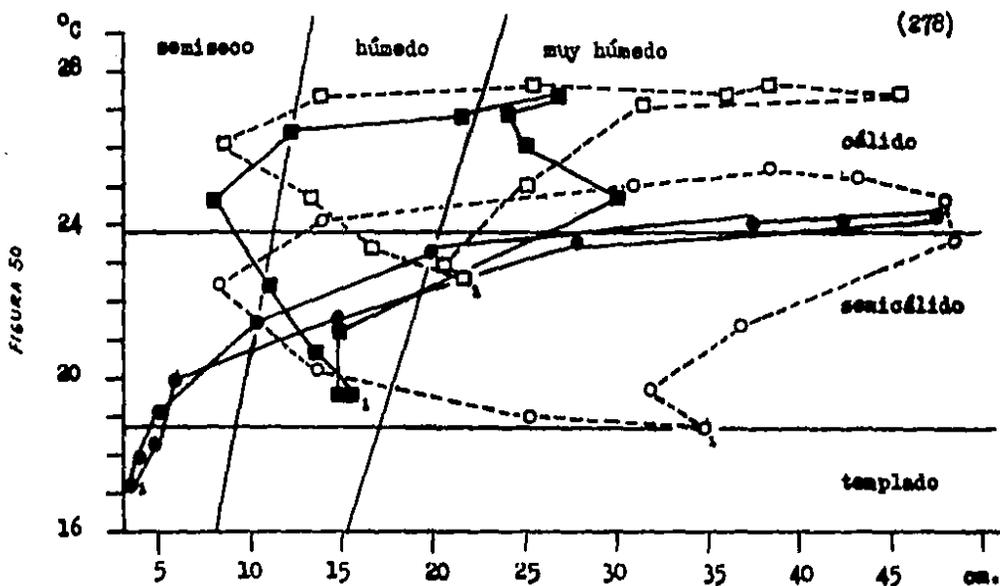
Observando el Ombrotermograma o gráfica de balance hídrico obtenido por el método de Thornthwaite ^{FIG. 29} (1948) y comparándolo con su homólogo de ^{FIG. 21} Antalaha, son casi idénticos, salvo ligeras variantes, y las únicas diferencias notables están dadas porque Puente Henríquez no poseía en el periodo de referencia, sequía relativa ninguna, tal como se observa en todas las otras estaciones vainilleras, y presentaba un escurrimiento constante a lo largo de todo el año. Por otro lado, el comportamiento gráfico nos permitió predecir que actualmente, (como la tendencia general de todo el Norte de Veracruz es la reducción de precipitaciones), que la sequía relativa que necesita la vainilla cultivada, ya debe estar presente en esta localidad (tal vez hasta haga falta riego). Al cambiar de patrón de comparación y pasar a los auxogramas modificados siguiendo a Papadakis (1980) de las mismas ^{FIGS. 40 y 44.} localidades, pudimos observar que el índice anual de crecimiento vegetal, influenciado por una marcha de temperaturas un poco más bajas, debido a la altitud, presentaba no obstante un comportamiento similar al de Antalaha, casi paralelo, y que, la producción de humus era mucho mayor y la degradación del mismo más reducida, lo cual es ventajoso. De aquí se infirió que la idea de triangular el área mencionada era correcta, y que en función del movimiento relativo de gradientes ecológicos entre una y otra población al ^{FIGS. 61 Y 62} cambiar de posición geográfica, podía permitir encontrar la zona vainillera, teóricamente ideal de nuestro país. Si la pérdida de precipitación esperada no se ha producido, el patrón de comportamiento necesario puede hallarse al acercarse a Martínez de la Torre o Misantla, lo que conlleva una reducción altimétrica que determina temperaturas más benignas y por lo tan-

to más útiles. Finalmente, al evaluar la factibilidad de temperaturas mínimas extremas y consecuentemente de heladas, junto con la búsqueda de una zona boscosa, pudimos hallar el sitio idóneo. ^{FIG. 66} Volveremos más adelante a este aspecto.

GUTIÉRREZ ZAMORA

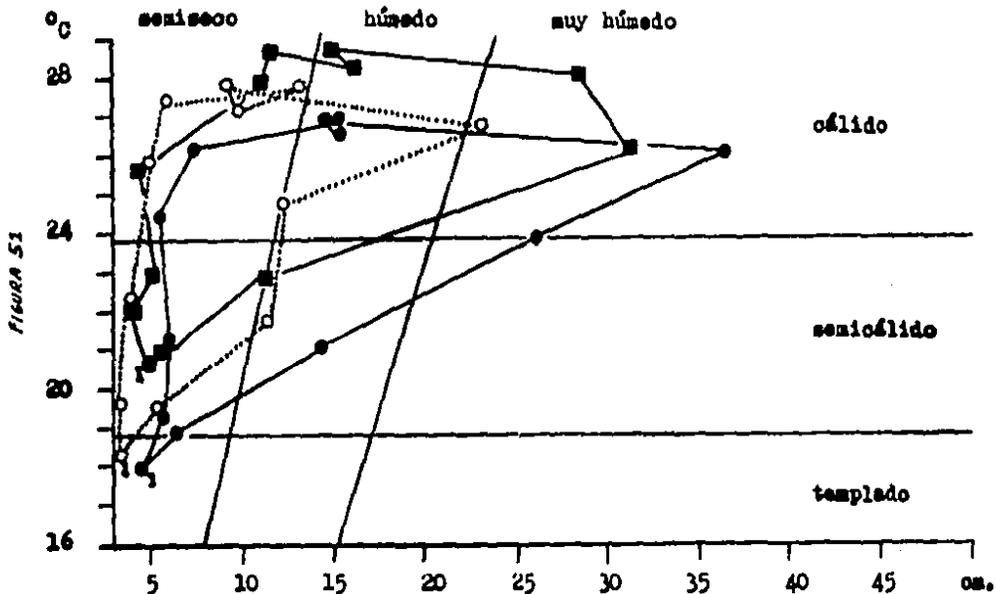
Por último, deseando adquirir un panorama de las condiciones climáticas en que operan algunas vainilleras cercanas a la costa de Teocolutla, estudiadas por Hernández (1961) decidimos integrar a la tesis el análisis del climatograma de esta localidad y ver que indicaba. ^{FIG. 51.} Como en el caso previo, las limitaciones de información son las mismas, y sólo contamos con los datos de Garofa (1973) para el período [1951-1960]. ^{PAG. 271} Aquí se repite lo observado en Mahanoro, Madagascar: la marcha de las temperaturas no indica la existencia de un período de reposo, a menos que este se de por falta de agua. En general, las temperaturas son muy elevadas, y como sabemos que hay algunos cultivadores que están produciendo bastante, podemos decir que su "éxito" se debe al riego excesivo que realizan para refrescar el ambiente, lo que les añade gastos en fertilizantes. Existe una enorme posibilidad de que las plantaciones se vean atacadas por toda clase de plagas y enfermedades, debido a las condiciones artificiales extremas a que se les tiene que sujetar para mantenerlas, además, la cercanía de la costa añade los riesgos de la velocidad del viento. Se puede producir, pero el costo del mantenimiento es elevado, por lo que esta zona no representa una buena alternativa y es esperable que el clima se recrudezca aun más.

COMPARACIÓN DE CLIMATOGRAMAS



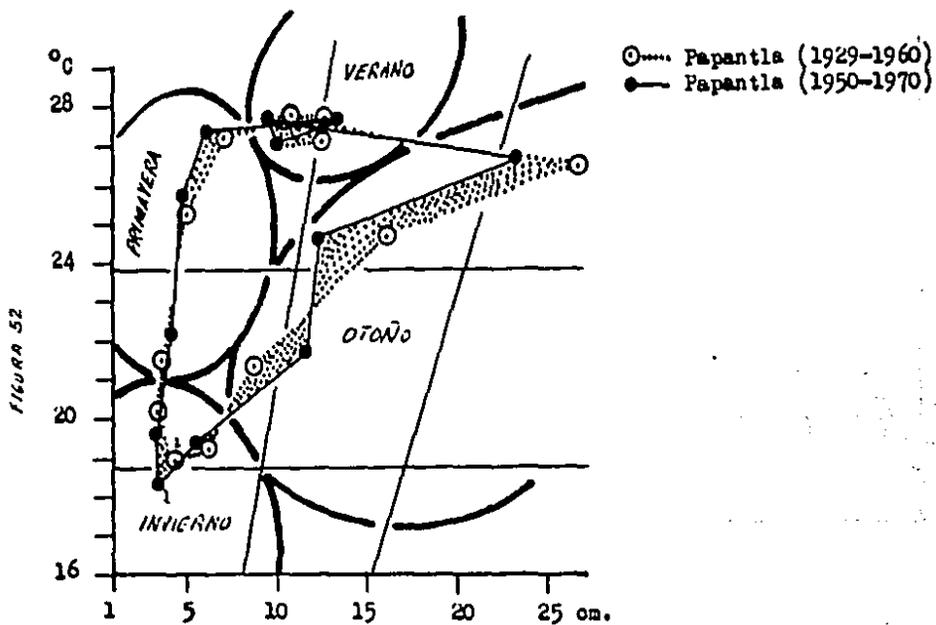
COMPARACIÓN DE CLIMATOGRAMAS

- — Antelaha (1938-1972)
- — Hell-Ville (1946-1972)
- - - - Mahanoro (1941-1972)
- - - - Marcantsetra (1952-1972)
- — Papantla (1950-1970)
- — Teocolutla (1951-1970)
- — Gutierrez Zamora (1951-1980)



(Climógrafos mod. de Contreras, 1942, sig. a Thornthwaite, 1931)

COMPARACIÓN DE CLIMATOGRAMAS



COMPARACIÓN DE CLIMATOGRAMAS

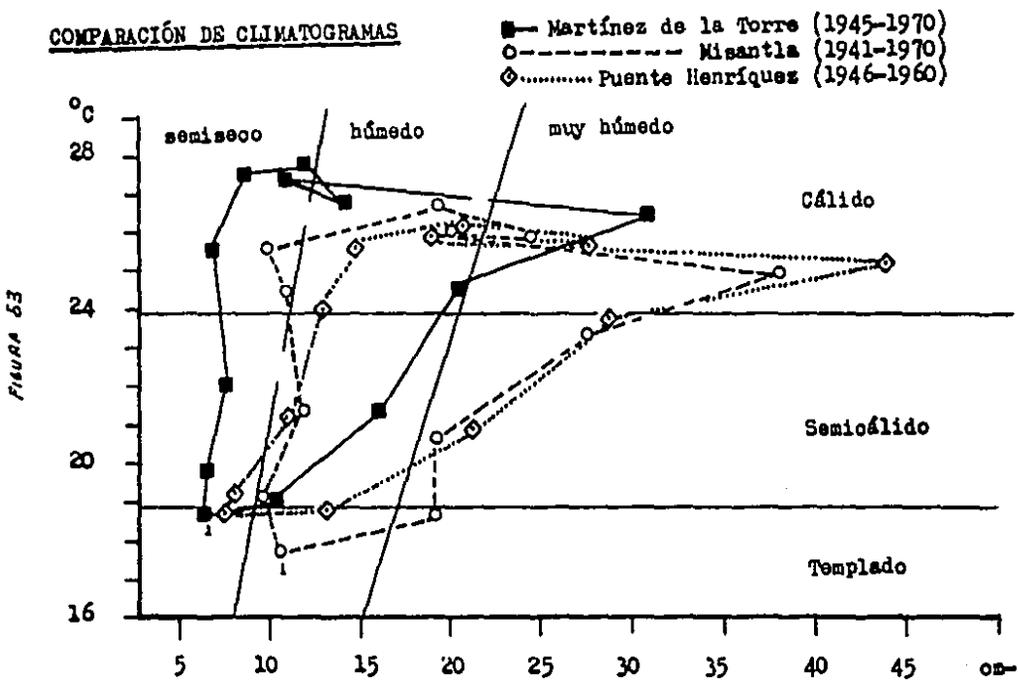
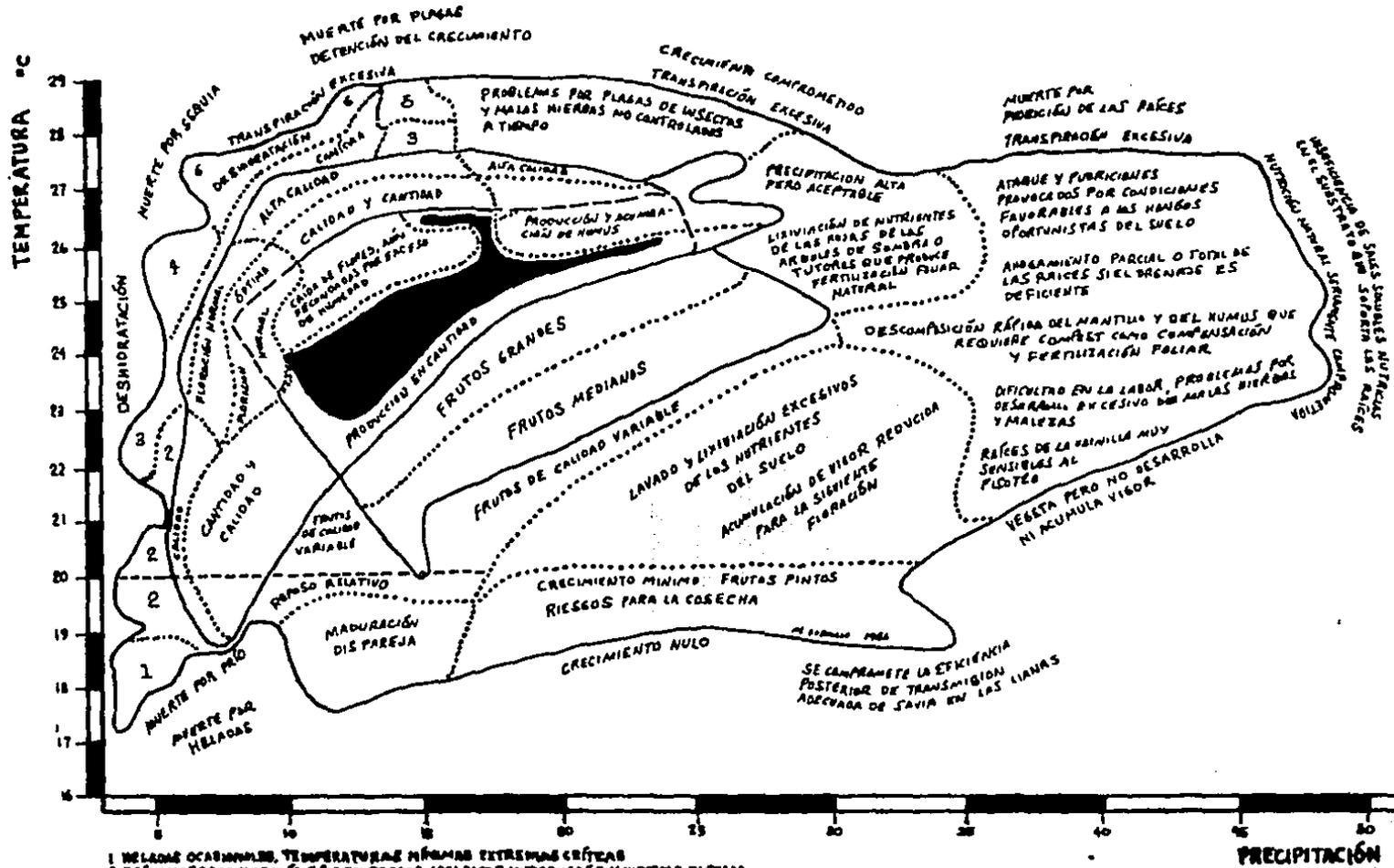


FIGURA 59

CUALIFICACIÓN DEL ESPECTRO CLIMATODIAGRAMÁTICO DE *Vanilla planifolia* ANDREWS.



1 HELADAS OCASIONALES, TEMPERATURAS MÁXIMAS EXTREMAMENTE CRÍTICAS
 2 POCO MOJEDAD Y SEQUÍA SÓLO TOLERABLES CON ALTAS HUMEDADES Y HUMEDAD ELEVADA
 3 SEQUÍA TOLERABLE POR LIXIVIACIÓN, ALTA HUMEDAD Y AGUA DE RESERVA EN EL SUELO; IMPLEMENTAR RIEGO
 4 PLANTACIÓN DESHIDRATANTE; LA PLANTACIÓN EXCESIVA PUEDE REDUCIR LA PERFORMANCIA
 5 APARICIÓN DE PLAGAS Y ENFERMEDADES POR REDUCIDO POST-DESHIDRATACIÓN
 6 PÉRDIDA DE LAS HOJAS Y FORMACIÓN DE ESTRÉS LONGITUDINAL Y AUMENTO DEL TRABAJO

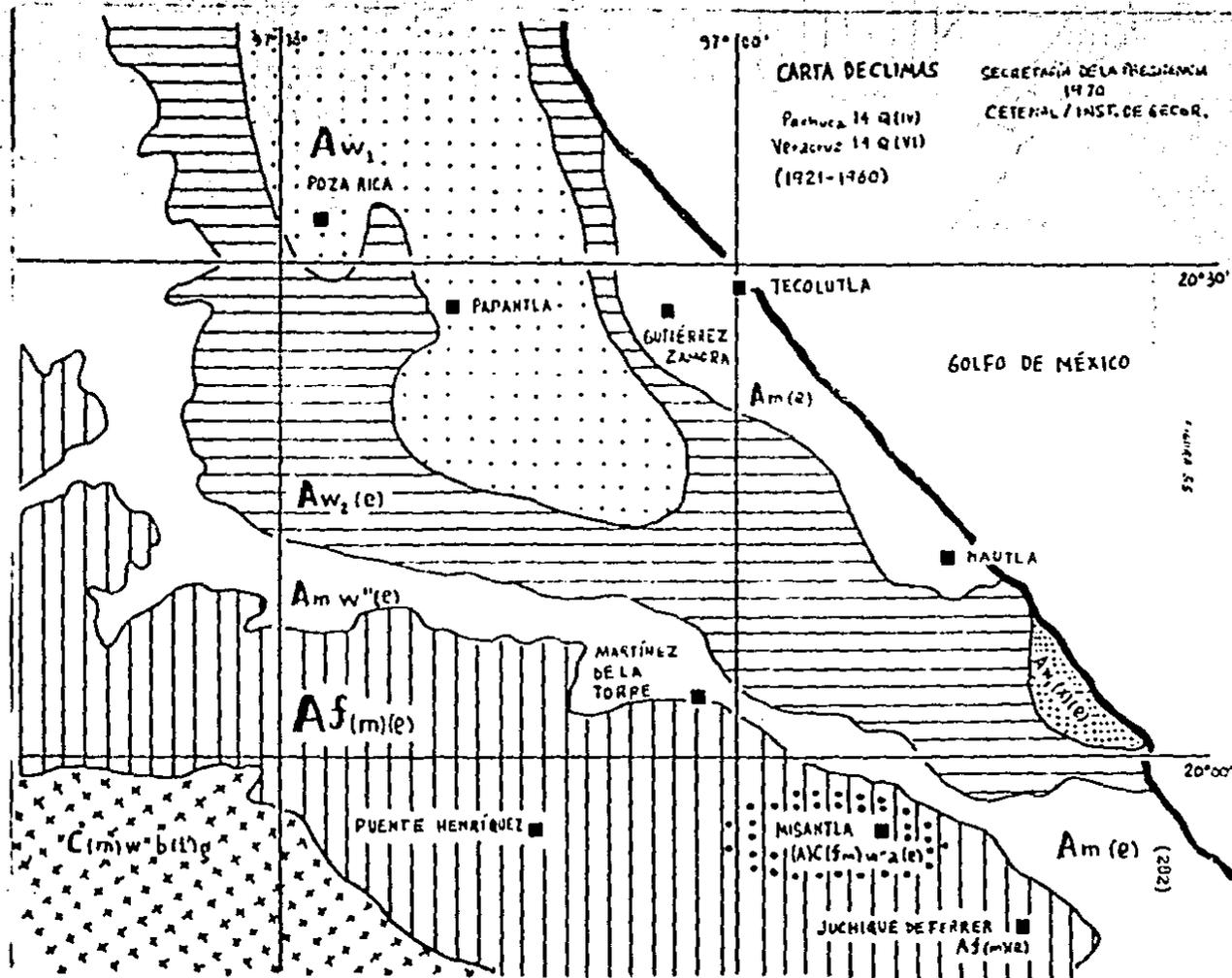
(280)

EXPLICACIONES Y NOTAS RELATIVAS AL SISTEMA DE KÖPPEN MODIFICADO POR GARCÍA

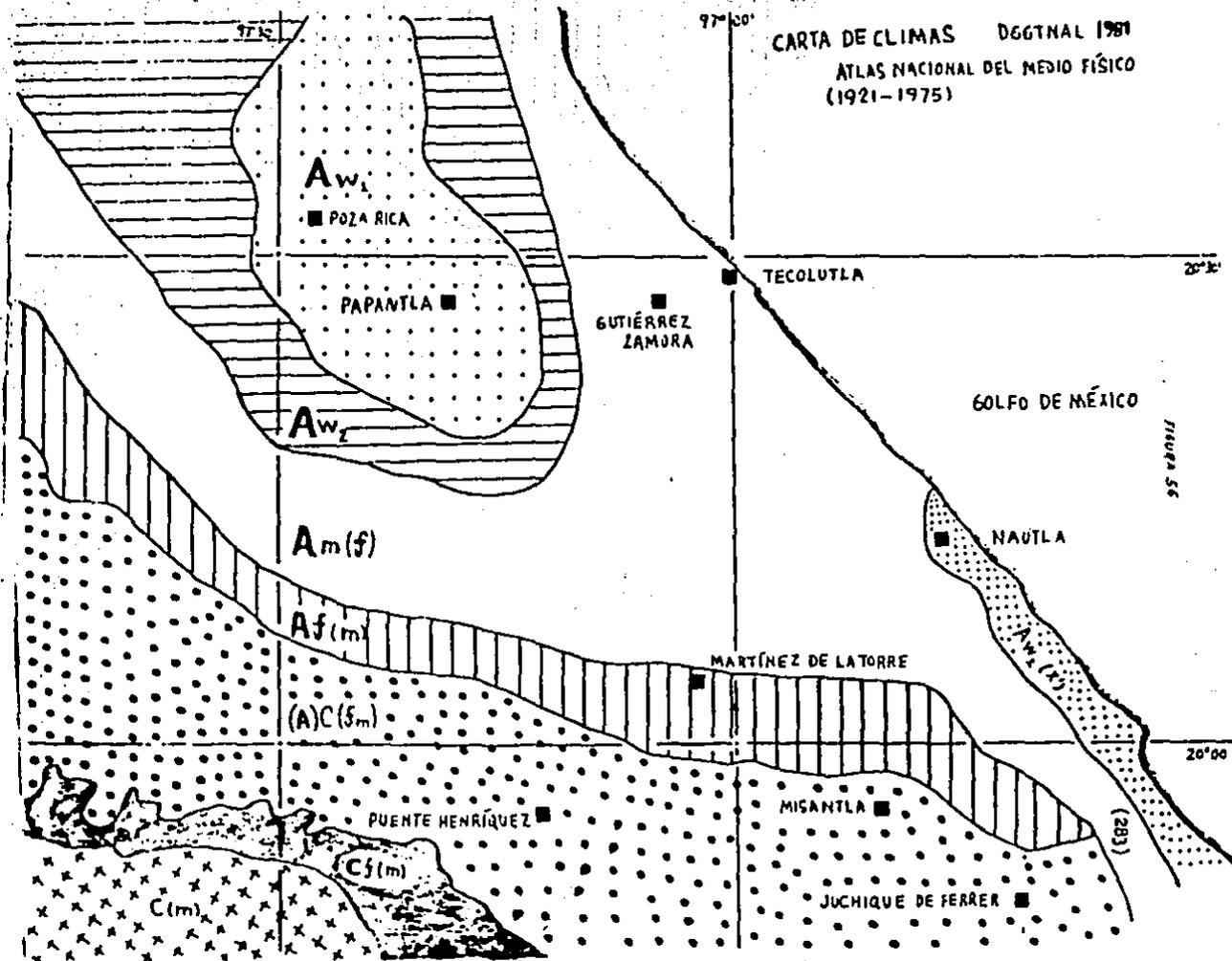
Al escribir acerca de la climatología de la vainilla, habíamos señalado que existía una muy significativa serie de diferencias entre la Carta de Climas en el Sistema de Köppen modificado por García, de la Secretaría de la Presidencia ^{FIG. 55} (1970) que consigna el período [1921-1960], y la del DGGTAL ^{FIG. 56} (1981) para [1921-1975], ahora, hemos de volver al análisis de dicha situación.

El primer hecho que queda bien claro, es el incremento generalizado de la lluvia invernal, cada vez más marcado conforme nos acercamos al presente, ^{FIG. 52} esto, a pesar del traslape de los datos y de la diferencia en el número de estaciones meteorológicas que en cada carta se considera. Al anotar las fórmulas de los cambios climatológicos (Véase más atrás), ^{PAG. 262} vemos también, que para periodos más cortos y recientes de 4 estaciones de la zona (S.M.N.), el recrudecimiento de las condiciones típicamente invernales es aún mayor.

En segundo lugar, resalta el hecho de que todos los climas locales en la carta del DGGTAL, son más húmedos y lluviosos que en la anterior. Este hecho, aparentemente contradictorio frente a lo que hemos venido anotando acerca de la desecación del clima, se debe definitivamente al mal uso de los promedios al elaborarse la carta: el periodo considerado es tan grande, que la precipitación del pasado logra hacerse significativa y da una clasificación climática falsa, ^{FIG. 54} típica de formaciones de vegetación que ya no existen, debido a la deforestación. Esta paradoja virtual, hace más descriptivamente exacta la carta de 1970 que la de 1981, y demuestra que el periodo a considerar, si se quiere hacer un trabajo racional de climatología cartográfica, debe ser igual para todas las estaciones y no acumulativo para cada una de ellas ¡la estabilidad del clima deben darla los propios registros, no el manejo inadecuado de los promedios!, de otro modo, se oculta la inestabilidad de ciertos climas, los cambios que éstos sufren, y finalmente, los mapas resultantes son falsos.



CARTA DE CLIMAS DIGITAL 1981
ATLAS NACIONAL DEL MEDIO FÍSICO
(1921-1975)



No han faltado científicos que afirmen que nada tiene que ver la vegetación en la determinación del clima, ni aquellos que afirman lo contrario; que el clima determina la vegetación. En uno u otro caso, los argumentos defensivos de ambas posiciones analíticas, por radicales resultan falsos y así ambas posiciones son políticamente débiles. En consecuencia, se sigue destruyendo inconscientemente la vegetación pues nadie es capaz de defenderla sólidamente.

Con el estudio de la vainilla y otros antecedentes (Gordillo, 1981, 1983, 1984), he confirmado que un clima tropical dado, permite siempre la existencia de algún tipo de vegetación y por lo tanto, es determinante sobre la distribución de ésta, pero he observado también, que una vez establecida una comunidad dada, se adapta sinecológicamente a su medio y termina modificándolo en gran escala a su favor. Los mejores ejemplos de esta evolución en común, los representan las Selvas Tropicales y los Bosques de transición o ecuatoriales, los cuales crecen en áreas meteorológicamente estériles por definición estrictamente climática. Durante miles de años de adaptaciones y especializaciones han conquistado su territorio palmo a palmo, acumulando medios homeostáticos de autodefensa, como la conservación de la humedad por la densidad de su follaje y de la fertilidad, reteniendo los nutrientes en la biomasa. En consecuencia, y muchos ecólogos están hoy de acuerdo, es lógico afirmar que si se retira la vegetación en forma progresiva, a la larga aparecerá el clima estéril original (como el que predomina en los grandes desiertos o similar). Lo que significa una caída brusca, casi total, de la capacidad de carga de biomas enteros. ¿Pero qué parámetros meteorológicos se manifiestan en el proceso y cómo?. Una forma sencilla, pero laboriosa de exponer todo esto, es recurrir al patrón de descripción que brinda la denominada Selección Natural r' y K' (Véase: Pianka, 1978; Grime, 1982) que por su gran similitud, he adoptado para el caso. Muchos aspectos de la propia teoría $r'K'$ se explican más fácilmente con el cuadro que expongo a continuación y de él, pueden derivarse multitud de leyes ecológicas con aplicación práctica. Enseguida expongo también el espectro de climas de Köppen (mod. por García, 1973) y sus formas de evolución, para la vainilla y las zonas vainilleras actuales de México.

TEORÍA DE LA SELECCIÓN r Y K APLICADA A ALGUNOS PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

Parámetros	Condiciones climáticas r'	Condiciones climáticas K
Respuesta a la destrucción parcial de la vegetación establecida	Re-colonización por especies pioneras si las hay, sucesión lenta	Efecto de borde, reproducción y sucesión ecológicas rápidas especies especializadas
Retención del agua precipitada en la biomasa y el suelo	Nula o pequeña	Muy grande
Precipitaciones	Torrenciales y puntuales	Intensas y constantes
Precipitación por adiabatismo	Muy localizada o nula	General y constante
Precipitación de masas de nubes que trae el viento	Casi nula, ocasional	Constante porque se intensifican los factores desencadenantes
Esperanza de precipitaciones estacionales	Mínima	Alta
Desarrollo de nubes formadoras de lluvia	Insuficiente	Intenso
Turbulencia atmosférica	Reducida y puntual	Alta y constante
Evaporación	Casi instantánea	Elevada y constante
Transpiración	Nula o mínima	Elevada y constante
Humedad	Reducida	Elevada y constante
Punto de rocío	Una vez al día	Constantemente cercano a la saturación
Radiación solar	Reflejada	Parcialmente aprovechada
Temperatura	Muy variable	Parcialmente controlada
Marcha de la temperatura	Extremosa, cambios intensos y bruscos	Gradual, cambios pausados y lentos
Vientos	Irregulares y rápidos	Regulares y estacionales
Erosión del suelo.	Alta y constante	Mínima
Formación de suelos	Mínima (intemperismo)	Alta (química, física y biológica)
Estabilidad interna de la vegetación establecida	Mínima o nula, sólo a nivel de resistencia individual al ambiente	Muy grande, a nivel de comunidad
Estabilidad ambiental	La que dan los factores meteorológicos	Baja (muchas turbulencias)

ESPECTRO CLIMATOLÓGICO DE LA VAINILLA EN EL SISTEMA DE KÖPPEN MOD. POR E. GARCÍA

POR SU GRADO DE POR SU HUMEDAD TEMPERATURA	HÚMEDOS		SUBHÚMEDOS		POR SU RÉGIMEN DE LLUVIAS
	CÁLIDOS Y MUY CÁLIDOS		Am +4	Aw ₂ ³	
Afm +6		Amf ²	Aw ₂ x ₁ ¹	Aw ₁ x ₁ ¹	INTERMEDIO
SEMICÁLIDOS		A(C)m ³			DE VERANO
	(A)C(fm) [?]				INTERMEDIO

SE CLASIFICAN POR SU IMPORTANCIA VAINILLERA EN ORDEN DECRECIENTE (Exponentes 1 a 6) EN FUNCIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN CANTIDAD.

SE CLASIFICAN POR SU CALIDAD VAINILLERA, MEDIANTE EXPONENTES SIMBÓLICOS: + VAINILLEROS; ³ VAINILLEROS DE TRANSICIÓN; Y, ? MARGINALES.

FORMAS DE EVOLUCIÓN CLIMÁTICA POR DETERIORO AMBIENTAL

Afm → Am → Aw₁x₁¹

Afm → Am → Aw₂ → Aw₁ → Aw₁x₁¹

Afm → Am → Amf → A(C)m → (A)C(fm) → Aw₂x₁¹ → Aw₁x₁¹

Afm → (A)C(fm) → Aw₂x₁¹

Afm → Am → Amf → Aw₂x₁¹ → Aw₁x₁¹

(Las secuencias están tomadas de los cambios observados en las estaciones climatológicas estudiadas en esta tesis y algunas complementarias.)

De la observación del espectro (o grupos de climas) que la vainilla ocupa en el cuadro sintético del sistema climatológico de Köppen, ^{Fig. 56} puede inferirse que las plantas de alta calidad se producen como una respuesta adaptativa de selección natural tipo K' , ^{Fig. 57} frente a las presiones ecológicas que ejerce un clima cada vez más desfavorable y por lo tanto limitativo. En consecuencia, puede inferirse también, que no existiendo dichas presiones, las condiciones óptimas preponderantes, le permiten a las plantas asumir la estrategia contraria, o tipo r' , ^{Fig. 57} donde la calidad es de poca importancia, pero la cantidad y la producción pueden ser muy grandes; dicho de otro modo, la presión ejercida por el clima Aw1 de Köppen -por ejemplo-, es aparentemente la más favorable a la aparición de adaptaciones especializadas y radiación adaptativa -es más, muy probablemente estas zonas climáticas fueron centro-origen de las especies aromáticas-. Así, la calidad aromática del fruto, o si se quiere, su riqueza balsámica, lo pone en condiciones de protegerse de las agresiones de diversos insectos y la calidad y cantidad de sus semillas, en posición de conservar su lugar dentro del ecosistema, mientras que, por el contrario, en la zona climática Afm, las presiones ecológicas serían menores por lo que la planta fructificaría laxamente, produciendo gran número de semillas abortadas y frutos con poco aroma. De todo lo expuesto puede concluirse que la manipulación consciente de los elementos de la plantación, entendida ésta como un ecosistema artificial antrópico, descrito por nosotros en la medida en que la información documental disponible y la experiencia acumulada por muchos agricultores nos lo ha permitido, puede permitirle -a su vez- al agricultor, ejercer conscientemente labores culturales que se entienden ahora como manipulaciones voluntarias de la naturaleza, para establecer la estrategia de adaptación-producción, r' o K' , o una posición intermedia relativa conveniente entre ambas, que desee presente su propia plantación, siendo las variables del clima y del suelo que hemos expuesto a lo largo de esta tesis, los elementos que determinarán -en primera instancia-, la factibilidad de ejercer dichas labores culturales como compensaciones voluntarias sobre las variables ambientales que vayan siendo desfavorables, y su costo económico quedará implícito. Cabe señalar, que para establecer con éxito una plantación es necesario además, estudiar la disponibilidad de mano de obra, los procesos óptimos de tecnología de alimentos para racionalizar el beneficio de la producción a costos accesibles,

y realizar estudios detallados de embalaje, créditos y comercialización, etc., los que caen fuera del objeto de esta tesis.

Todo lo anteriormente expuesto se ha sintetizado en diagramas de trabajo que presentaremos a continuación y que dan una idea bastante precisa de la complejidad de procesos que es necesario considerar tan sólo para el establecimiento ecológicamente racionalizado, de una vainillería tradicional tipo, tomados de nuestra experiencia y de los ejemplos y datos proporcionados por todos los autores consultados.

PAG. 293 Y SIGES.

FIGS. 52, Y SIGES.

HIPOTESIS CLIMATOLÓGICAS SOBRE LA DESECACIÓN DE LA ZONA VAINILLERA

Si las pérdidas porcentuales de precipitación total anual, calculadas para cada decenio en este trabajo, no tienen una "regularidad geográfica" que permita evaluar cartográficamente, por medio de isolíneas, el patrón de desecación del clima, a la manera que solicitan los geógrafos, existen al menos, algunas manifestaciones de otro tipo de parámetros, climáticos o meteorológicos, que permiten definir o explicar cómo se está manifestando dicha desecación y cuales son sus tendencias.

En la suposición de que la temporada de sequía intraestival o canfoula, expresada como pérdida de precipitación que afecta el desarrollo normal del incremento de precipitaciones de la temporada de lluvias, puede estarse haciendo más intensa debido a la deforestación, he explicado que el comportamiento del viento puede dar la explicación requerida por el fenómeno de desecación. PAG. 189 y 367ES, P. 256 y 367ES. Ahora bien, sabemos que las prácticas de desmonte, no siguen criterios o patrones uniformes de regularidad geográfica, pero son cada vez más intensas y constantes. El hecho de que los valores de desecación en si mismos, no logren expresar la regularidad requerida, indica únicamente que la vegetación del norte de Puebla y Veracruz, conserva todavía una influencia importante sobre la estabilidad del clima y, por lo tanto, puede decirse que la deforestación no ha alcanzado —afortunadamente— el "punto crítico" que nulificaría dicha influencia cuando este punto se alcance (lo que equivale a una ruptura general y caída de la capacidad de carga de toda la zona). Posteriormente, la pérdida de precipitación será más regular y continua, pudiendo ser expresada y cuantificada en términos estadísticos y cartográficos más o menos clásicos, más convencionales, basados en el análisis de variables más simples. Mientras tanto, sabemos que si se quita la vegetación en áreas muy grandes, aumenta la velocidad de los vientos superficiales, que ya no encuentran ni la resistencia de la vegetación en si misma, como obstáculo físico, ni la de la evapotranspiración de ella desprendida, meteorológicamente aún más importante, pues crea una zona de turbulencias que hace más denso y difícil de mover longitudinalmente el aire húmedo circundante, lo que provoca precipitaciones constantes.

Concomitantemente, he hallado que la exactitud descriptiva de las clasificaciones climáticas basadas parcialmente en un análisis fino de la distribución de ciertos tipos de vegetación, es cada vez menor conforme avanza la deforestación y, que ceden su lugar a aquellas que se basan en factores más bien físicos, más sencillos, como la dispersión teórica de la radicación solar global que llega al suelo. De aquí el énfasis que he dado a la clasificación de 1948 de Thornthwaite. ^{PAG. 204 y 267E.} A esto último constituye una e cepción, el sistema natural de Papadakis ^{PAG. 219 y 267E.} (1980), conocido por mi poco antes de concluir este trabajo y el cual, por ser aplicado aquí en razón del enriquecimiento en calidad que brinda a ciertas descripciones, retrasó el escrito final.

Como Mosiño y García (1966), indican que la canícula es un "retorno temporal al invierno" y el invierno local es seco, es factible que la deforestación esté facilitando, cada vez más, este retorno, y por lo tanto, la predominancia de la circulación del viento norte, a mediados de la temporada lluviosa. Esto está sucediendo realmente, tal y como lo vimos al comparar ^{FIG. 52} dos climatogramas de periodos distintos de Papantla, donde se vé, que la canícula es cada vez más intensa y que las temperaturas invernales son a su vez, más bajas. 40 años de registros de Misantla nos han indicado lo mis mo. ^{FIGS 48 y 49 PAG. 256 y 267E.} En consecuencia, puede esperarse una marcada alteración en la circulación ^{FIG. 19} general de los vientos en el área del litoral del Golfo de México, con gravísimas consecuencias sobre la desertificación de ésta gran parte del país; es decir, que si la circulación de los vientos dominantes, asume cada vez más, las características que presenta en invierno (vientos secos provenientes del centro de máximas de Manitoba), la temporada de "gran sequía de invierno" normal de estos climas, y la canícula, podrían acabar siendo virtualmente una misma, con lo que la época de lluvias de verano sería corta y torrencial. Los ombrotermogramas o balances hídricos de Papantla, ^{FIGS. 41 A 44} Martínez de la Torre y Tecolutla, expuestos más atrás, muestran, que al menos a nivel ^{PAG. 210} de lo que se ha definido más atrás, como "sequía relativa", esto es efectivamente un hecho consumado, y para todas las otras localidades estudia das en la zona, una tendencia general.

Todo esto hace más extremoso y seco el clima del país. Así, la influencia de lo que se ha denominado "lengua de aire húmedo" que represen-

ta el área de México influenciada por vientos alisios cálido-húmedos de verano, provenientes del anticiclón de las Islas Azores, que traen lluvias a toda la vertiente del Golfo, se atenuaría cada vez más, con lo que se alteraría también la vaguada que permite la entrada de las precipitaciones de origen ciclónico que irrigan el altiplano, lo que significa desertificación progresiva. El proceso, que requiere de un estudio más minucioso, fuera de los alcances de esta tesis, parece estar presentando de acuerdo con la siguiente descripción, en parte confirmada por los hechos en los últimos años,

Las lluvias frecuentes de verano, formadas de las nubes provenientes del Atlántico, no se producían ya por la turbulencia que creaba la evapotranspiración de las selvas, pues éstas, habían sido destruidas en las llanuras y lomeríos del litoral del Golfo de México y zonas adyacentes, sino por adiabatismo, en una franja reducida de la parte media de la vertiente de la Sierra Madre Oriental, donde crearon serios problemas de erosión por su intensidad y frecuencia, en la década pasada. Posteriormente, la acelerada deforestación de la propia vertiente, ocasionó pérdidas de evapotranspiración que redujeron este tipo de captación adiabática y aumentaron la velocidad de los vientos superficiales. En consecuencia, las nubes cargadas de lluvia ya no precipitan como antes en dicha vertiente, sino que pasan al altiplano, donde provocan copiosas y torrenciales precipitaciones de tipo tropical, que representan un considerablemente engañoso aumento de humedad en esta zona. Las inundaciones y la destrucción provocadas por lluvias de este tipo, en las zonas altas, han sorprendido a los meteorólogos, quienes no han sabido darles explicación, a pesar de que el patrón descrito se está produciendo en forma análoga -y más notable- en la cuenca del río Amazonas y así, se han observado precipitaciones extraordinarias, acompañadas de inundación en el altiplano Andino. Y mientras tanto, sequías de larga duración afectan la Amazonia y toda la llanura costera del Golfo de México.....

Las consecuencias generales de los procesos descritos, y el estudio del viento más allá de lo que atañe a la vainilla, ya no son objeto de este trabajo, pero es obvio que si continúan, esta última no tiene ningun futuro. Sólomente obsérvese que estamos a la misma latitud que el Desierto del Sahara, que nuestros procesos de desertificación son antrópicos y no se han detenido, y que en Tabasco y Campeche se han formado ya, zonas de dunas (Flores Díaz, 1985, com. pers.), por lo que es imperativo reforestar o cuando menos respetar el trópico, antes de que veamos hasta donde puede llegar el cambio o se haga irreversible: ¡Es demasiado lo que se puede perder! La deforestación está comprometiendo seriamente la producción de alimentos de nuestras zonas tropicales.

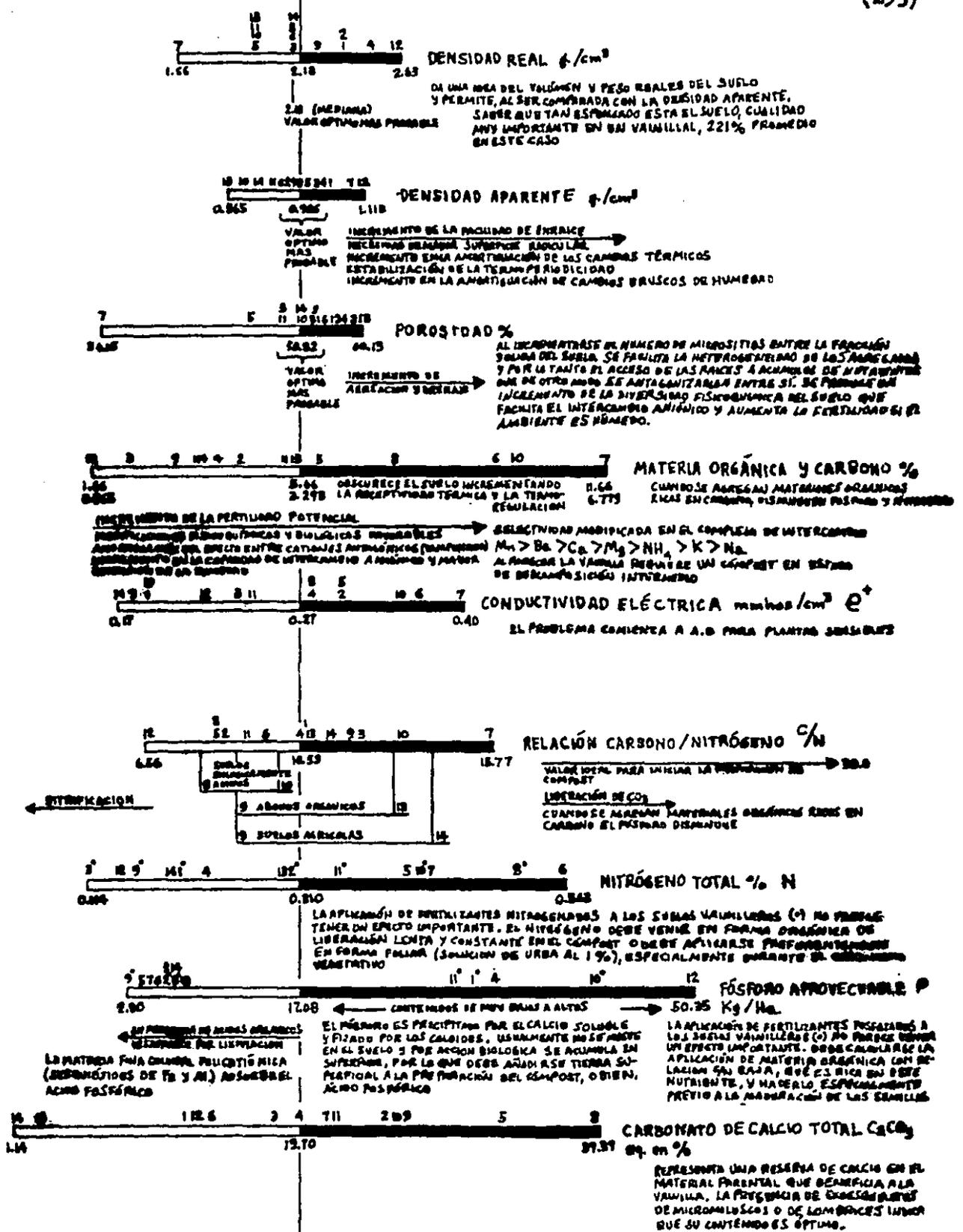
NOTA FINAL

La intención de esta tesis no era persuadir, sino lograr que el lector se convenciera por sí mismo al seguir el desarrollo del texto y coincidiera con nuestras propias conclusiones, aprehendiéndolas en un contexto conceptual adecuado que le permitiese conocer y asimilar el proceso que llevó a su desarrollo y enunciación. Es por ello, que aquéllas se apoyaron en el análisis que se fue dando a lo largo de la redacción del trabajo y se anotaron allí donde coincidieron con los resultados que emanaron de la información —y los procedimientos implicados en su síntesis—; de otra forma, carecerían de senti-do o se hubieran convertido en recetas de dudosa validez y/o aplicación práctica. Tan polifacética, variada y compleja es la forma en que se puede planificar y realizar una plantación de vainilla, que únicamente la forma de exposición empleada —en la medida de lo posible—, fiel al desarrollo del proceso de elaboración de la tesis, nos permitió brindar al lector la información formativa básica para que pudiese comprender las diversas opciones y criterios con que cuenta para lograr una siembra exitosa de vainilla comercial. Con un poco de amplitud de criterio, puede observarse que cualquier valor numérico cuantitativo, de los varios miles que se manejaron para llegar hasta este punto, se convirtió, finalmente, en un elemento cualitativo tangible, útil para el desarrollo de la verdadera agricultura moderna de esta singular orquídea, acerca de la cual queda todavía mucho por conocer y hacer.

Marcos Gordillo Gottdiener
Sábado 3 de Enero de 1987

DIAGRAMAS SINTÉTICOS DE LA TESIS
Y MATERIALES COMPLEMENTARIOS

SISTEMA NORMALIZADO PARA LA VALORACIÓN DE LOS SUELOS VAINILLEROS



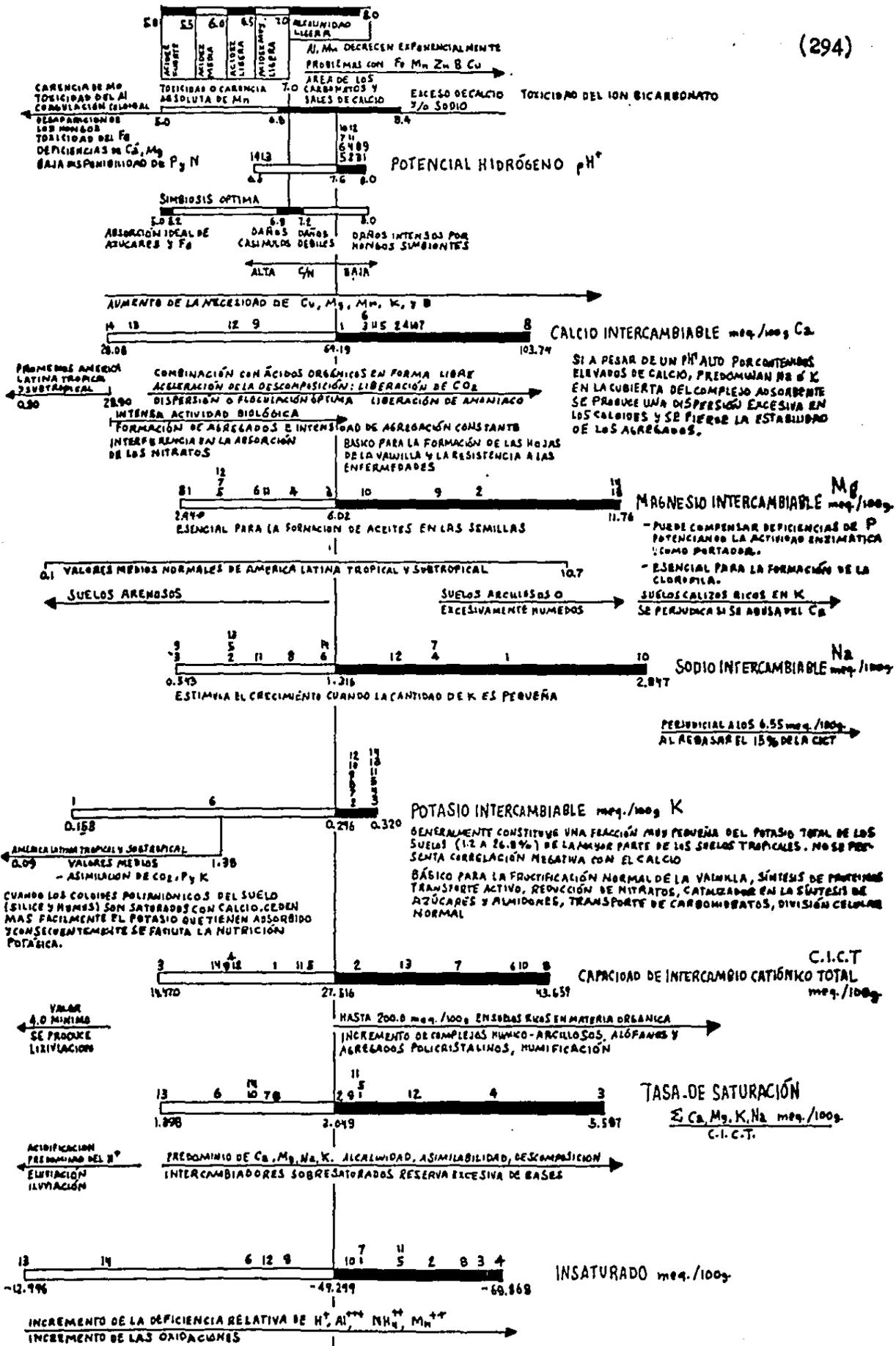


FIGURA 60

TABULADOR DE LOS DATOS DE 14 SUELOS VANILLEROS

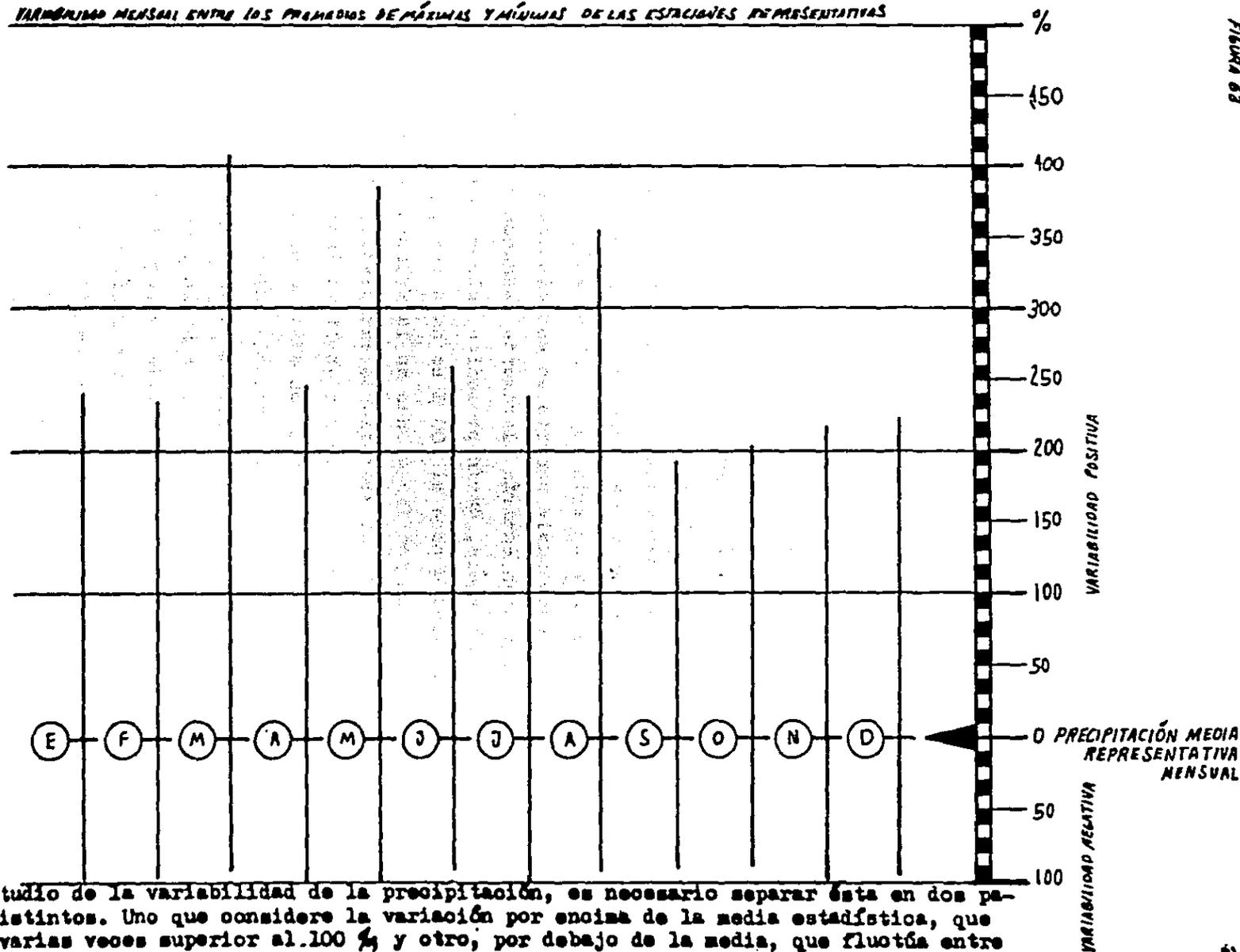
	UNIDADES	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 4	SUELO 5	SUELO 6	SUELO 7	SUELO 8	SUELO 9	SUELO 10	SUELO 11	SUELO 12	SUELO 13	SUELO 14	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	RANGO
MUNICIPIO	NOMBRE	PAPANTLA	PAPANTLA	PAPANTLA	PAPANTLA	PAPANTLA	PAPANTLA	672. JAMBA	TECHITLA	TECHITLA									
COMUNIDAD	NOMBRE	CRUCUCANA	CRUCUCANA	CRUCUCANA	CRUCUCANA	CRUCUCANA	CRUCUCANA	ENSENADA (EL CERRILLO)											
RANCHO	NOMBRE	PIQUERA	PIQUERA	PIQUERA	PIQUERA	PIQUERA	PIQUERA	YANATLAN											
TIPO DE TUTOR	CLASIFICACION	Argilino	Argilino	Argilino	Argilino	Argilino	Argilino	VARIABLE	VARIABLE	VARIABLE	VARIABLE	VARIABLE	VARIABLE	Argilino	Argilino				
ESTANCIA ENTRE TUTOROS	Mts.	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0							2.5	2.5	2.0	2.7	2.5	0.5
ESPESORES POR TUTOR	Mts.	3	3	3	2	2	2							1	1	1	2	3	2
RENDIMIENTO DE RAMILLA VERDE	Tn/Ha.	4.0	4.0	4.0		0.2	0.2		1.0	1.0	1.0	1.0		0.4	0.4	0.4	1.6	4.0	3.5
COLOR EN SECO	MUNSELL	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1						
COLOR EN HUMEDO	MUNSELL	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1	10 YR 7/1						
HUMEDAD REAL	gr/cm ³	2.36	2.17	2.17	2.40	2.17	2.17	1.46	2.21	2.22	2.00	2.00	2.62	2.17	2.00	1.66	2.14	2.23	2.97
DENSIDAD APARENTE	gr/cm ³	1.650	0.981	1.032	1.032	1.016	0.964	1.093	0.997	0.991	0.901	0.950	1.110	0.965	0.906	0.866	0.995	1.113	0.290
ARCILLAS	%	58.00	58.70	52.94	58.32	10.80	55.57	34.15	54.05	54.34	54.95	52.35	57.60	64.10	53.70	24.15	53.62	60.13	25.98
ARCILLAS	%	15.8	10.9	5.2	10.8	2.0	5.2	10.8	25.8	13.6	13.2	13.2	5.0	15.0	27.0	2.0	11.2	22.0	20.0
LIMOS	%	36.2	63.2	44.6	37.4	72.4	44.4	65.0	51.2	16.8	67.0	35.6	29.2	42.0	24.0	27.2	45.6	65.0	40.0
ARENAS	%	39.8	26.4	35.2	44.8	25.6	54.2	24.2	22.0	99.6	27.8	51.2	74.0	41.6	42.0	49.2	43.1	70.8	46.0
CLASES TEXTURALES	U.S.D.A.	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO						
POTENCIAL HIDROGENO H ₂ O 1:2.5	pH	8.0	7.0	7.9	7.8	7.7	7.7	7.7	7.4	8.0	7.7	7.0	7.0	6.6	6.5	6.5	7.6	9.0	1.6
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA 1:2.5	mmhos/cm	0.19	0.22	0.25	0.30	0.32	0.37	0.40	0.30	0.18	0.36	0.56	0.23	0.19	0.17	0.17	0.27	0.40	0.23
MATERIA ORGANICA	%	2.49	4.50	2.37	4.16	6.00	4.52	4.66	7.51	3.31	9.74	5.53	1.66	5.60	2.21	1.66	5.66	11.64	10.00
CARBONO C	%	2.45	2.60	1.90	2.94	3.53	5.35	6.74	4.36	1.92	5.02	2.25	0.96	3.95	2.25	0.96	2.25	6.74	5.00
NITROGENO TOTAL N	%	0.200	0.305	0.114	0.227	0.413	0.560	0.750	0.513	0.161	0.927	0.377	0.202	0.494	0.114	0.114	0.310	0.563	0.494
RELACION CARBONO-NITROGENO	g/g	10.73	8.73	12.14	10.64	8.56	9.83	15.77	8.51	11.95	13.33	9.27	6.56	10.70	11.92	6.56	10.59	15.77	9.21
FOSFORO P	Kg/Ha	30.77	6.29	6.29	33.57	9.20	5.60	4.90	7.00	2.80	30.07	52.35	7.69	6.99	2.80	6.99	17.00	50.76	47.55
CARBONATO DE CALCIO CaCO ₂	cc. en %	12.41	25.12	18.14	14.85	32.81	14.10	21.72	26.39	26.61	26.22	27.14	12.19	2.85	1.14	1.14	19.70	33.30	30.25
CALCIO Ca	mg./100g.	70.00	79.56	74.10	81.12	71.22	78.10	83.46	103.74	54.66	82.68	76.87	50.70	32.76	28.00	28.00	64.19	103.74	75.66
MAGNESIO Mg	mg./100g.	3.12	8.82	5.80	5.14	3.67	4.41	3.67	2.94	8.08	6.41	4.68	3.67	11.78	11.78	2.94	6.02	11.78	8.82
SODIO Na	mg./100g.	2.152	0.826	0.573	1.004	0.826	1.202	1.804	1.100	0.573	1.697	0.956	1.650	0.826	1.202	0.573	1.316	2.007	2.004
POTASIO K	mg./100g.	0.150	0.867	0.320	0.320	0.320	0.700	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.167
CANTIDAD DE NITRATOS CADMIO T	mg./100g.	24.236	27.036	14.470	14.416	25.030	30.087	36.730	40.657	17.007	41.783	25.44	11.44	32.670	18.710	14.470	27.036	30.087	20.104
TASA DE SATURACION	S.T.V	2.275	2.000	5.507	4.527	3.276	1.957	2.430	2.430	3.200	2.200	2.200	3.707	1.200	2.200	1.200	2.077	5.507	4.107
INSATURACION	S.T.V	-5.777	-6.077	-66.370	-68.000	-20.970	-21.05	-22.511	-61.936	-43.720	-51.161	-56.900	-41.367	-12.976	-22.700	-12.976	-17.177	-60.000	-55.072

ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA, MÁXIMA Y MÍNIMA DE TRES ESTACIONES
REPRESENTATIVAS DE LA ZONA VAINILLERA MEXICANA

PAPANTLA (1950-1970)
MARTINEZ DE LA TORRE (1945-1970)
MISANTLA (1961-1970)

Como podrá verse en la gráfica de la página siguiente, ^{FIG. 61} hemos igualado la precipitación media con cero, y graficado la variabilidad de la lluvia en porcentaje. La variabilidad media no indica nada; el fenómeno debe separarse en variabilidad positiva (lluvias máximas) y variabilidad negativa (lluvias mínimas) si se quiere aplicar bien la estadística, pues como se ve, la precipitación mínima no puede bajar por lógica más de 100 % pues se hace cero; mientras que la precipitación máxima, teóricamente puede rebasar varias veces la lluvia promedio y en consecuencia alcanzar valores muy superiores al 100 %. Así, si se calcula una "variabilidad media" como suele hacerse en estadística clásica, todos los valores que se obtengan estarán claramente sesgados hacia la fracción positiva y en consecuencia, darán promedios falsos, puesto que cuando la variabilidad negativa supera el 100 % se hace cero, y en consecuencia tendríamos que hablar de modificaciones en la frecuencia de las lluvias, lo que requiere otro tipo de tratamiento estadístico. Podemos añadir además, que los valores promedios de variabilidad interanual no tienen ninguna significación biológica, pues dos estaciones con igual precipitación media anual y variabilidad interanual, pueden tener repartidas sus lluvias de manera absolutamente diferente a lo largo del año, así, en una de ellas puede ser posible cultivar vainilla y en la otra no. Es más importante entonces observar la variabilidad esperable mensual, tanto positiva como negativa, tal y como lo hacemos aquí, para que la planificación de los riegos tenga sentido y la expresión gráfica de los fenómenos lo tenga también. Los defectos señalados para la variabilidad media expresados por nosotros aquí, también están presentes en todos los estudios clásicos de variabilidad, incluyendo la reciente aplicación de la distribución gamma.

VARIABILIDAD MENSUAL ENTRE LOS PRÁMBROS DE MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE LAS ESTACIONES REPRESENTATIVAS



Para un estudio de la variabilidad de la precipitación, es necesario separar ésta en dos parámetros distintos. Uno que considere la variación por encima de la media estadística, que puede ser varias veces superior al 100 %, y otro, por debajo de la media, que fluctúa entre cero y 100 %. De no hacerse así, es obvio que los valores resultantes pueden presentarse notablemente sesgados y en consecuencia la aplicación de la estadística será incorrecta. Véase el texto de la página previa para una mejor explicación.

FIGURA 64

OMBROTHERMOGRAMA COMPARATIVO GENERAL

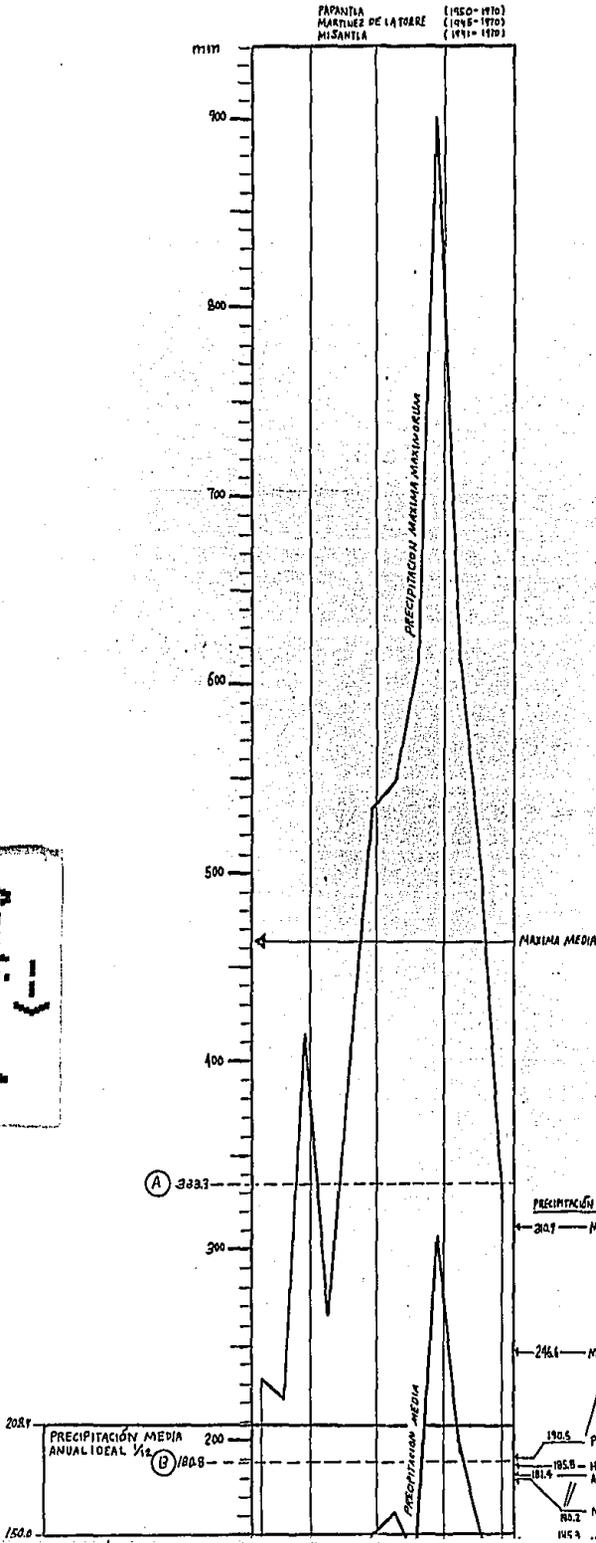
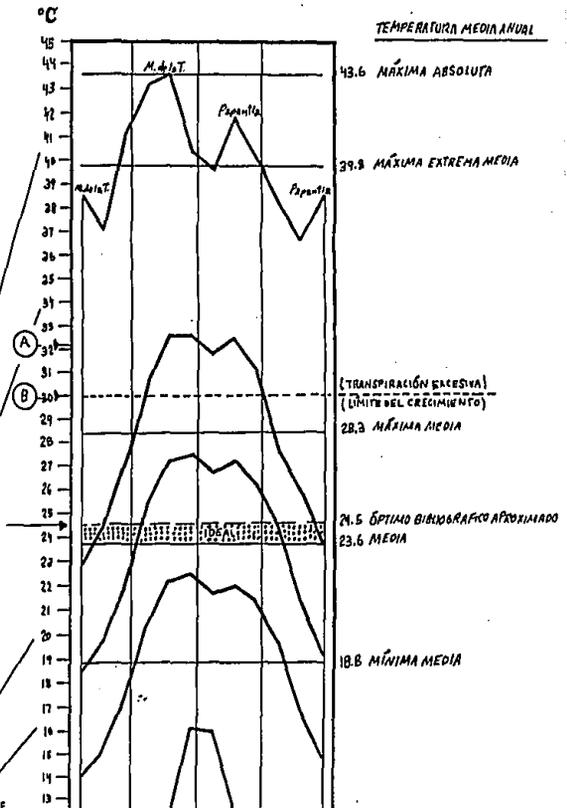


FIGURA 65

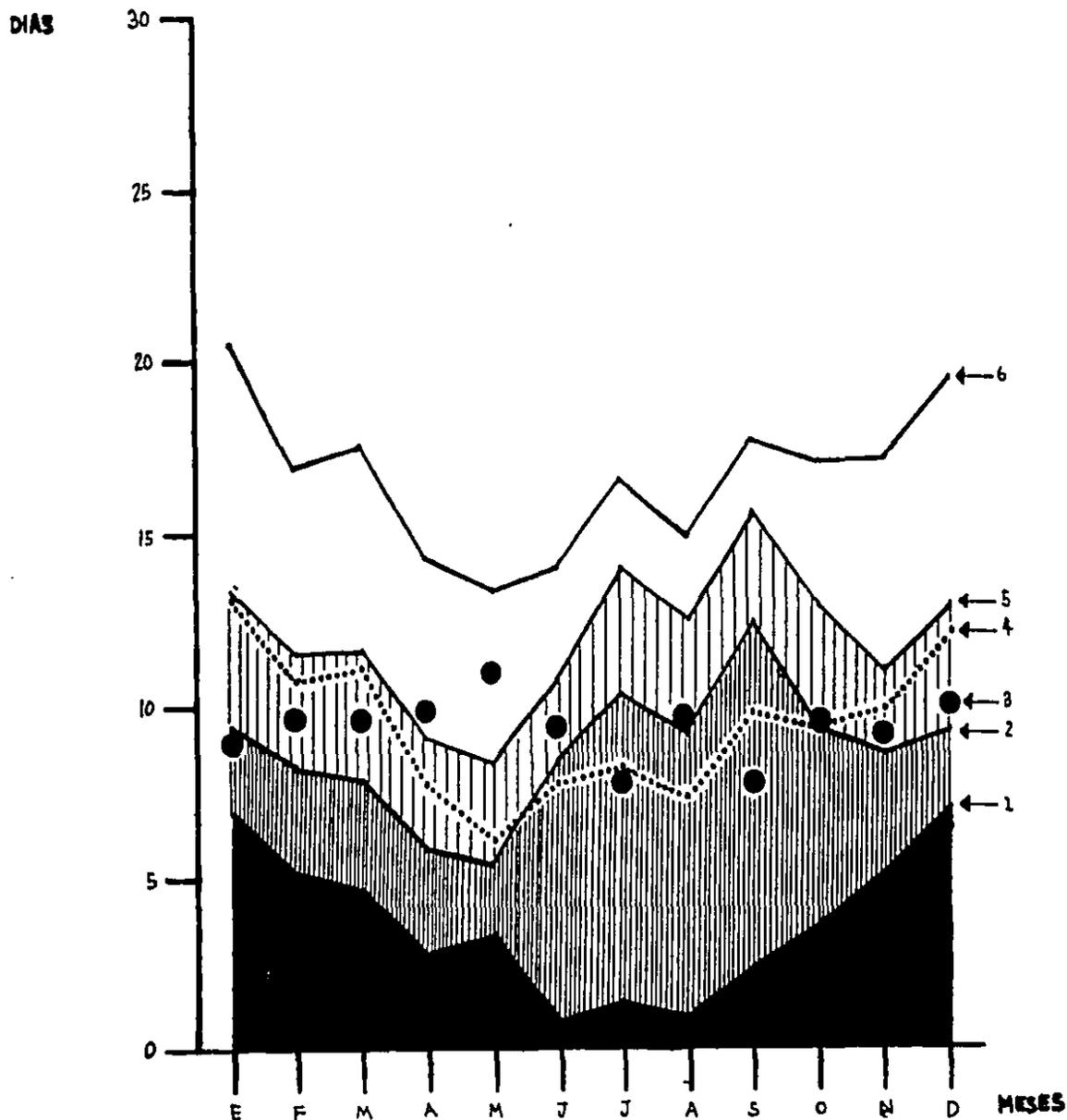
GRÁFICO COMPARATIVO DE REGISTROS TÉRMICOS PONDERADOS



Continúa 1

STÁNDAR DE DÍAS CON LLUVIA, NUBOSIDAD Y ROCÍO PROMEDIO REPRESENTATIVO DE LA

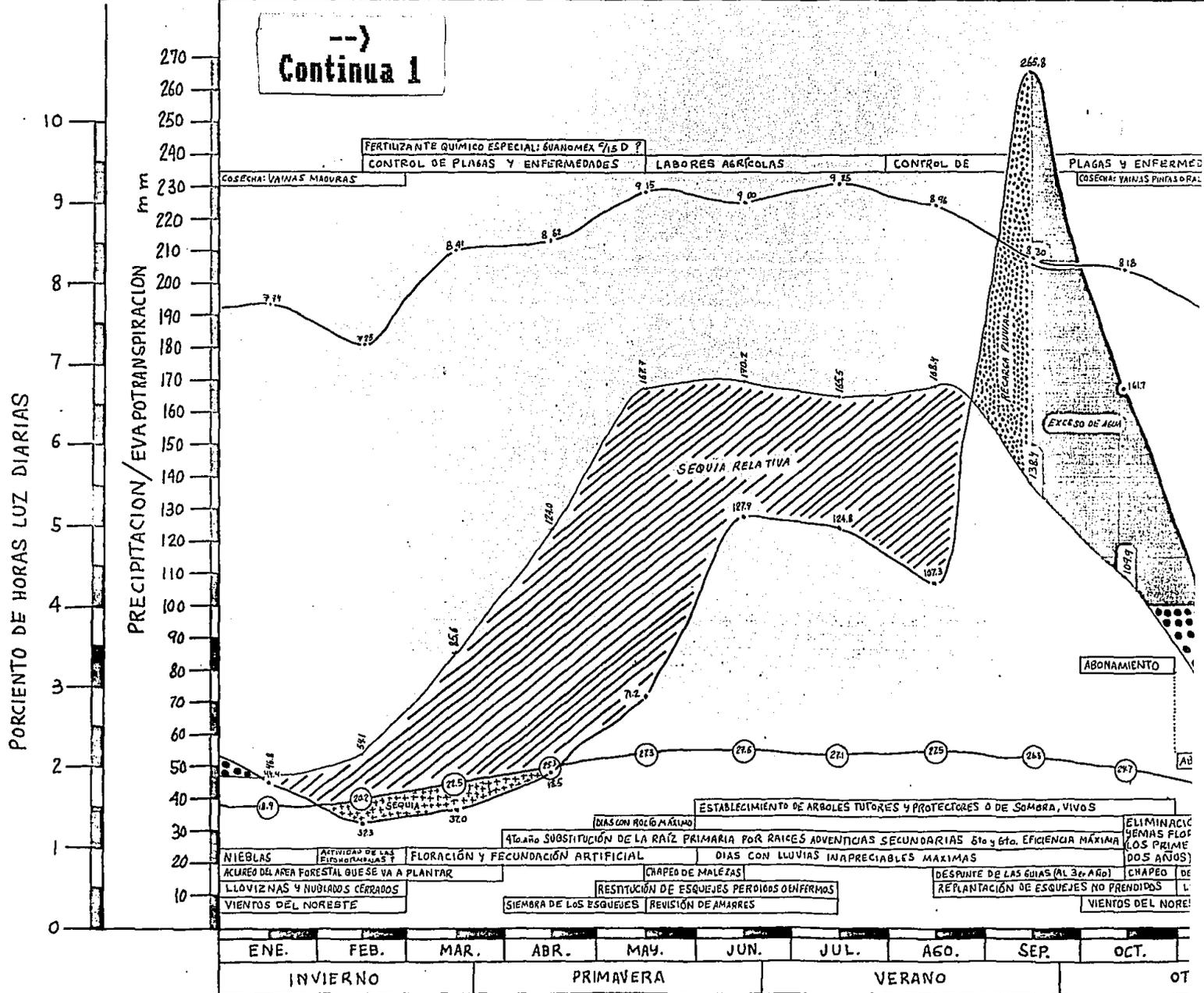
ZONA VAINILLERA MEXICANA



- 1. Nieblas
- ⊖ 2. Lluvias apreciables
- ⊕ 3. Días con rocío
- ⊗ 4. Nublados cerrados
- ⊘ 5. Lluvias inapreciables
- 6. Días medio nublados

(Fuente: "Normales Climatológicas" S.M.N., 1982; media de medias de estación representativas características).

30-088 PAPANTLA DE OLARTE: BALANCE HÍDRICO-OMBROTERMÓGRAMA-CICLO DE VIDA PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE Vanilla p.l.

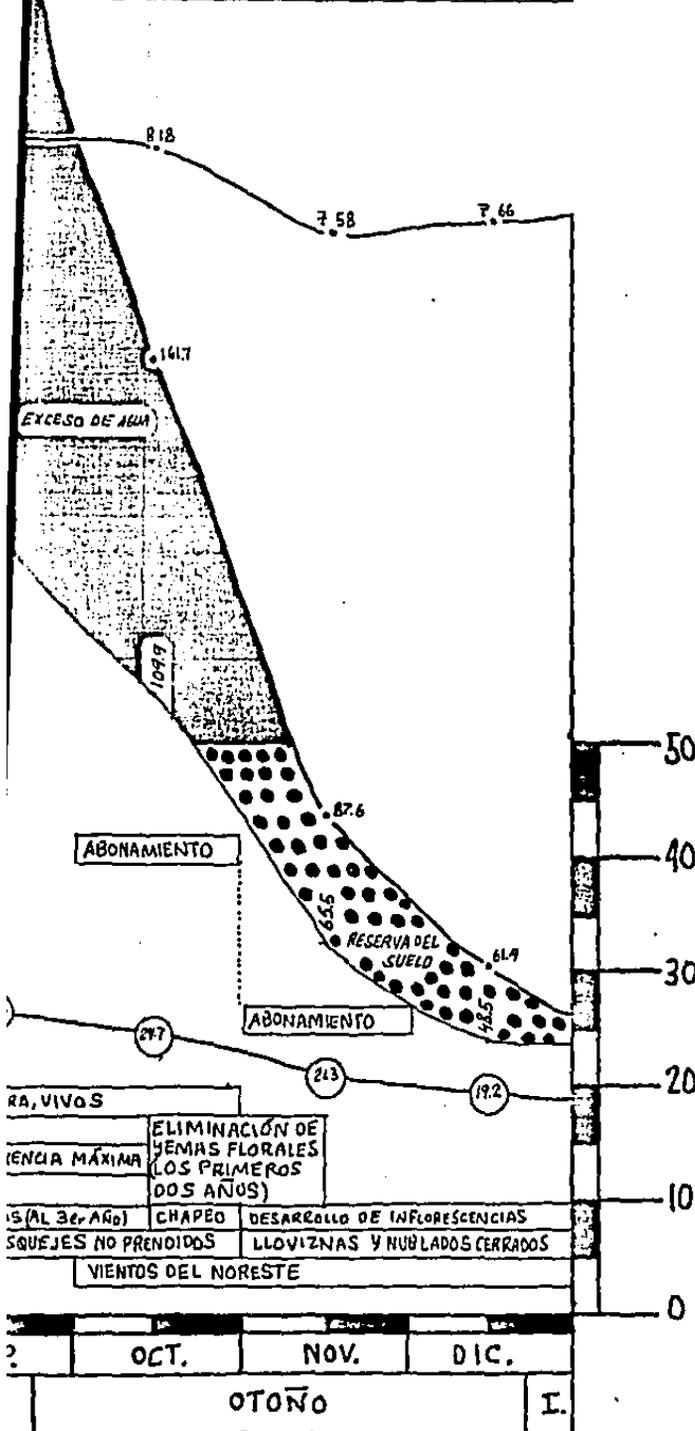


PLANTIVO DE *Vanilla planifolia* (1929-1960)

20° 27' N.
97° 19' W.
298 msnm
PTA 1169.9 mm
TMA 24.0°C

PLAGAS Y ENFERMEDADES

COSECHA: VAINAS PINASORALICAS | COSECHA: VAINAS MADURAS



FUENTES DOCUMENTALES Y LITERARIAS
DEL TEXTO

FUENTES DOCUMENTALES Y LITERARIAS DEL TEXTO ^①

ACOSTA, Joseph de. 1979

"Historia Natural y Moral de las Indias"
Bibl. Amer. Serie de Cronistas de Indias, Méx.
Fondo de Cultura Económica, 444p.

AGUILAR S.A. DE EDICIONES. 1969-1970

"Gran Atlas Aguilar" (3 tomos)
Aguilar, Madrid. (I-198p., II-406p., III-247p. 33x50cm).

ALEXANDER, Martin. 1980

"Introducción a la Microbiología del Suelo"
México, A.G.T. Edts. 491p. ilus.

ALEXOPOULOS, Constantine John. 1979

"Introducción a la Micología"
Buenos Aires, EUDEBA (Manuales) 3a. Ed. 615p.

ALVAREZ GONZALEZ, Pedro. Dr. 1980

"Yerbas Medicinales; cómo curarse con plantas"
México, Edit. y Distr. Méx. 379p. ilus.

ANDIRAC, Eduardo. (Profr.) 1886

"Cartilla Geográfica del Estado de Veracruz"
Bibl. Didáct. Méx.. Superior Gob. del Edo., Coatepec, Ver.
88p. mapa.

ANÓNIMO. 1970

"México puede recuperar el mercado de la vainilla"
México, Rev. México Agrícola, No 199: 33.

① Esta sección incluye bancos de datos, catálogos, enciclopedias, manuales y obras afines, atlas y mapas, y artículos de periódicos, revistas además de obras históricas. En su elaboración, no hemos menospreciado -por principio-, la tradición popular vertida en obras de divulgación que consignan información básica o tradicional de carácter no científico. Por lo tanto, se hallarán éstas, junto con otras del más alto nivel técnico. Tampoco hemos dejado de mencionar a los co-autores y colaboradores. Las obras extranjeras se citan en su idioma original. La sección bibliográfica se hizo única para facilitar la consulta. Las fechas de las obras corresponden a las de la edición consultada por mí y no a la edición original de cada una de ellas.

- AMES, O. & CORRELL, Donovan S. 1952
"Orchids of Guatemala"
 Fieldiana; Botany, August 29;26 (1): 54-60.
- ARFKEN, George. 1985
"Mathematical Methods for Physicists"
 3rd. ed. Acad. Press, London. 985p.
- ARTETA, Régulo León. 1984
"Nueva Edafología; regiones tropicales y áreas templadas de México" Méx. Grupo Editorial Gaceta, 34Op. illus.
- AUBERT, Georges & BOULAINÉ, Jean. 1981
"La Edafología"
 Col. ¿Qué Sé?, Nva. Sre. No. 140 Geogr. Oikos-Tau, Barcelona 154p.
- BAILEY, L.H. 1975
"Manual of Cultivated Plants"
 50th. rpt. Mc. Millan Pub. Co. N.Y. 1116p. illus.
- BANCO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR S.A. 1961
"La Vainilla Mexicana"
 México, D.F. Rev. México Agrícola 8 (88): 41-45.
 (ibid. Rev. Méx. de Com. Ext. 11(5): 323-326).
- BANÓ, E. 1911
"Varias Plantas Tropicales y su Cultivo en México"
 México, Sría de Fomento, Imprenta y Fototipia p-31-35.
- BARRERA MARÍN, Alfredo; BARRERA VAZQUEZ, Alfredo; LOPEZ FRANCO, Rosa María. 1976
"Nomenclatura Etnobotánica Maya: una interpretación taxonómica"
 Col. Cient. No. 36. Etnología. Méx. INAH/SEP. 537p.
- BECKER, Fredrerick F. (Edit.) 1977
"Cancer l Etiology: chemical and physical carcinogenesis"
 2nd. ed. Plenum Press. London. Vol. 1 524p.
- BERTAUX, Pierre, 1972
"Africa: desde la prehistoria hasta los estados actuales"
 Col. Hist. Univ. No. 32. Siglo XXI Ed. Méx. 359p. illus.
- BLANCHINI, Franchesco; CORBETTA, Franchesco é PISTOLA, Marilena. 1975
"Le piante della salute"
 Arnoldo Mondadori Edit. Milano. 243p. il.
- BOULAINÉ, Jean. 1981
"La Agrología"
 Col. ¿Qué Sé?, No. 141, Barcelona, Oikos-Tau Ed. 160p.
- BOURIQUET, Gilbert. 1954
"Le Vanillier et la Vanille dans le Monde"
 Encyclopedis Biologique XLVI. Paris. Ed. Paul Lechevalier 349p. il.
- BRÄUN BLANQUET, J. 1979
"Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales" Madrid., H. Blume Ed. 820p. illus.

- BUNNER, S.C.; SCARAMUZZA, L.C. & OTERO, A.R. 1975
"Catálogo de Insectos que atacan a las Plantas Económicas de Cuba" La Habana. 2da. ed. Acad. Cien. de Cuba; Inst. de Zool. 40lp. illus. claves.
- BYRD-GRAF, Alfred. 1981
"Tropica: color cyclopedia of exotic plants and trees"
 2nd. Ed. N.J. Roehrs Scribners. 1136p. illus.
- BYRD-GRAF, Alfred. 1980
"Exotica: pictorial cyclopedia of exotic plants"
 Series 3., 10th. Ed. N.J. Roehrs. 1937p. illus.
- BYRD-GRAF, Alfred. 1978
"Exotic Plant Manual"
 5th. Ed. Roehrs Co. N.J. 843p. illus.
- CÁSSERES, Ernesto. 1984
"Producción de Hortalizas"
 San José, Costa Rica. 3a. ed. IICA., 387p. illus.
- CASTAÑEDA AGULLÓ, M. & ESPERON, M. 1945-1947
"Algunas consideraciones sobre la elaboración de extractos de Vainilla" Méx., D.F. Anales de la Esc. Nac. de Cien. Biol. Vol. 4: 7-14.
- CASTRO CANCIO, Jorge de. 1924
"La Industria Vainillera: compilación de datos referentes a la vainilla, sobre historia, geografía, siembra, cultivo, beneficio, etc." México, D.F. S.R.E. 12p.
- CAUTÍN, Mario de. 1986
"La Vainilla Desplazada"
 (inf. M. Benet) "Sábado"; Supl. de "Uno más Uno" 20/Dic./86/480.
- CIPAGAUTA VALENZUELA, Adel & SÁNCHEZ RÍOS, Armando. 1979
"La Vainilla en México, producción, industrialización y comercialización" Méx. SARH/DGEA. Junio, 1979, 29p. Rev. Econotecnia Agrícola, Vol. III, No. 6. illus.
- COCHRAN, William G. & COX, Gertrude M. 1976
"Diseños Experimentales"
 Trillas, Méx. D.F. 66lp.
- CONZATTI, Casiano (Profr.) 1981
"Flora Taxonómica Mexicana II"
 México. 3a. Ed. I.P.N./CENETI, 220p.
- COLE, John P. 1975
"Una Introducción al Estudio de Métodos Cuantitativos Aplicables en Geografía" UNAN, Méx. Inst. de Geografía, 93p. illus.
- CÔNESA, A.P.; ROUX, M.; BAILLÓN, P.; HÂDJ-MILOUD, D.; MARGINEAU, C. & LEMAIRE, G. 1975
"Etude globale de la culture de la betterave à sucre sur le périmètre du Haut Cheliff" (El Harrach, Algérie).
 Ann. Agronn., 1975 INRA, Paris, 26 (6), 709-740, il.

- CONTRERAS ARIAS, Alfonso. 1942
"Estudios Climatológicos, áreas geográficas de dispersión: Parthenium argentatum, Hevea brasiliensis, Castilla elastica"
 Sría de Agric. y Fom./ Dir. Gral. de Geogr. y Meteorología e Hidrología. Méx. D.F. 112p. gráficas, 2 mapas.
- CORNAILLAC, G. 1902
"El Café, La Vainilla, El Cacao y El Té"
 Barcelona. Francisco Sabater Edit. 476p.
 Com. Expl. de la flora y fauna Nac.: 185-305.
- CORRELL, Donovan S. 1944
"Vanilla, it's history, cultivation and importance"
 USA, Cincinatti, Lloydia 7(3): 236-264, illus.
- CRITCHFIELD, Howard J. 1974
"General Climatology"
 3rd. ed. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 446p. ill.
- CRONQUIST, Arthur. 1977
"Introducción a la Botánica Programada"
 México, 2da. ed. CECSA 846p. illus.
- CHANG, Jen-Hu. 1971
"Climate and Agriculture; an ecological survey"
 Aldine Pub. Co. Chicago. 2nd. ed. 304p. illus.
- CHILDERS, N.F.; CIBES, H.R. & HERNANDEZ MEDINA, E. 1959
"Vanilla: the orchid of commerce"
 Chronica Bot. New Series of pl. sci. Books N.Y. Wittner, C.
"The Orchids a Scientific Survey", The Ronald Press Co.
 No. 32: 477-508.
- DAJÓZ, Roger. 1974
"Tratado de Ecología"
 Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 478p. illus.
- DAUBENMIRE, R.F. 1979
"Ecología Vegetal; tratado de autoecología de plantas"
 México. 3a. ed. LIMUSA. 496p. illus.
- DGGTAL/INEGI/SPP. 1981
"Carta Fisiográfica" (1: 1 000 000)
 MÉXICO. Méx.
"Carta de Humedad en el Suelo" (1: 000 000)
 MEXICO. Méx.
"Carta Topográfica" (1: 250 000)
 Poza Rica F14-12, México, D.F.
- DGGTAL/INEGI/SPP. 1983
"Carta de Evapotranspiración y Déficit de Agua"
 (1: 1 000 000) MEXICO, Méx.
- DÍAZ DEL CASTILLO, Bernal. 1976
"Historia verdadera de la Conquista de la Nueva España"
 México, D.F. Col. Sepan-Cuantos, No. 5, Porrúa. 700p.
- DIRECCIÓN DE ECONOMÍA RURAL. 1943
"Vainilla"
 México, D.F., S.A.G.: 19p.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA/SARH. 1982

"Carta Poza Rica, Veracruz; Frontera Agrícola y Capacidad de uso del Suelo" Dpto. de Cartografía Sinóptica, Méx.

(1: 1 000 000)

"Carta Teziutlán, Puebla; Frontera Agrícola y Capacidad de uso del Suelo" Dpto. de Cartografía Sinóptica, Méx.

(1: 1 000 000).

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA/SARE & COLEGIO DE POSTGRADUADOS UACH. 1982

"Manual de Conservación del suelo y el agua"

Chapingo, Dto. de Méx. 2da. ed. 24bp. mapas, ilus. Talleres Gráficos de la Nación.

DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA AGRÍCOLA (DGEA). 1983

"Información Agropecuaria y Forestal" (Agenda Agropecuaria) SARH/DGEA. Folleto, 84p. 14x11.5 cm .

"Consumos Aparentes de Productos Agrícolas 1925-1982"

Rev. Econotecnia Agrícola VII. No. 9. México. DGEA/SARH 12Op. gráficos. Sept./1983.

DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA DEL TERRITORIO NACIONAL (DGGTNAL). 1981

"Atlas Nacional del Medio Físico" (1: 1 000 000)

SPP/INEGI, México, D.F. 224p. ilus., maps. 48x71 cm .

DOMÍNGUEZ, Jorge Alejandro. 1973

"Métodos de Investigación Fitoquímica"

Limusa, Méx. D.F. 281p. ilus. tabs.

DOUGLAS, J.S. 1971

"Producing vanilla beans"

USA. The Flavour Industry. July, 2(7): 405-407.

DUCHAUFOR, Phillippe. 1978

"Manual de Edafología"

Barcelona, Toray-Masson, 476p. ilus.

DUCHAUFOR, Phillippe & SOUCHIER, Bernard. 1984

"Edafología: l Edafogénesis y Clasificación"

Masson, S.A. Ed. Paris. 493p. ilus.

ESCOBAR, Rómulo. 1981

"Enciclopedia Agrícola y de Conocimientos Afines"

Ed. Facsimilar, México, SARH/CIAM, 3 Tomos, 3202p. ilus.

ESPINA PÉREZ, Darío & OREDTX ROS, Gonzalo S. 1983

"Flora Apícola Tropical"

Ed. Tecnológica de Costa Rica, San José, C.R. 406p. fotos.

ESPINO ZUMBIA, Ricardo. 1966

"Estudio jurídico del cultivo de la vainilla en México y anteproyecto de reglamento para el fomento de su cultivo, industrialización y exportación"

México, D.F. UNAM, Tesis Lic. en Derecho, 106p.

FAIRBRIDGE, Rhodes W. (Edit.).

"The Encyclopedia of Atmospheric Sciences and Astrogeology"

Reinhold Pub. Corp., N.Y. 1200p.

- F.A.O./U.N.E.S.C.O. 1976
"Mapa Mundial de Suelos" (Vol. 1; Leyenda)
 UNESCO, Paris, 60p., 1 cuadro-póster.
- FASSBENDER, Hans W. 1984
"Química de Suelos con énfasis en Suelos de América Latina"
 IICA, San José, Costa Rica. 398p. ilus.
- FISHBEIN, L.; FLAMM, W.G. & FALK, H.L. 1970
"Chemical Mutagens"
 Academic Press, N.Y. 364p.
- FLAVOUR INDUSTRY. 1972
"Vanilla Bean production in the Malagasy Republic"
 June 3(6): 307-309.
- FLORES DÍAZ, Antonio & OSWALD SPRING, Ursula. 1985
"Gran visión y avance de investigación del Proyecto Integrado del Sur del Golfo de México" Univ. Aut. Metropol. Xochimilco, D.F., Div. CBS. Rep. de Inv. No. 43, 172p. ilus., graficas, mapas.
- FLORES Y TRONCOSO, Francisco de Asís. 1886
"Historia de la Medicina en México"
 México, IMSS. Ed. Facsimilar, 1982. Tomo I, 389p.
- FONTECILLA, Agapito. 1861
"Breve tratado sobre el cultivo y beneficio de la vainilla"
 México, Andrade y Escalante Imp. 58p. ilus. (2d. ed. Méx., Sra de Fomento, Bibl. Agr. 65p.).
- FONT QUER, Pfo. 1979
"Diccionario de Botánica"
 Labor, Barcelona. 1244p. ilus.
- GARCÍA DE MIRANDA, Enriqueta. 1973
"Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana" UNAM, México. Inst. de Geogr. 2da. ed. 246p. gráficas, ilus., tabs.
- GARCÍA DE MIRANDA, Enriqueta & FALCON DE GYVES, Zaida. 1980
"Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana"
 Porrúa, S.A., México, D.F. 5ta. ed. 197p. ilus. 24x34 cm .
- GARCÍA DE PEDRAZA, Lorenzo & GARCIA SANJUAN, Julio. 1978.
"Diez Temas sobre el Clima"
 2da. ed. Ministerio de Agricultura, Madrid. 213p. ilus. publ. de Extensión Agraria.
- GARZA, Mercedes de la (Coord.) y Col. 1983
"Relaciones Histórico-Geográficas de la Gobernación de Yucatán" México, UNAM. 2 tomos (I-445p., II-494p.)
 Facsimilares e índices fuera de texto. Inst. de Invest. Filológicas./ Centro de Estudios Mayas.
- GARZA, Tomás. 1983
"Elementos de Cálculo de Probabilidades"
 Bibl. de Cienc. Coord. de la Invest. Cient. UNAM, Méx. 191p.

- GEMELLI CARERI, Giovanni Francesco. 1983
"Viaje a la Nueva España"
 Nva. Bibl. Méx. No. 23. México, UNAM, Dir. Gral. de Publ.
 214p. ilus.
- GERBI, Antonello. 1975
"La Naturaleza de las Indias Nuevas"
 México. Secc. de Obr. de Hist. Fondo de Cultura Económica
 562p.
- GIRAL, Francisco & RODRIGUEZ DE LA MORA, Mercedes. 1944
"Contenido de vainillina en vainillas mexicanas"
 México, D.F., Rev. de la Soc. Méx. de Hist. Nat. Tomo 5:
 167-171.
- GOETHE, Johann Wolfgang Von. 1955
"Fausto"
 Aguilar, Madrid. 571p.
- GÓMEZ CRUZ, Victoria. 1984
"Estudio Económico de la vainilla en el Estado de Veracruz"
 México, Tesis, Universidad Veracruzana de San Nicolás de Hgo.
- GÓMEZ ROJAS, Juan Carlos. 1981
"El Método Climático De Fina en la Aplicación de la
 Agricultura del Estado de Aguascalientes"
 Méx. UNAM. Fac. de Filos. y Letras, Col. Cuadernos.
 119p. ilus. mapas, gráficas.
- GORDILLO GOTTDIENER, Marcos. 1984
"Cartas de Calidad del Barbasco de la República Mexicana"
 PROQUIVEMEX S.A., La. de Control de Calidad. (8 cartas
 estatales) México, D.F. (inédito).
- GORDILLO GOTTDIENER, Marcos. 1983
"Diagnóstico ecológico de las zonas barbasqueras en fun-
 ción de la producción de harina y los contenidos de dios-
 genina" PROQUIVEMEX S.A., México. Lab. de Control de Calidad
 11p. (inédito).
- GORDILLO GOTTDIENER, Marcos. 1981
"Análisis Computarizado de datos ambientales de la Cuenca
 del Papaloapan" México, D.F. UAM-Xochimilco 220p. ilus.
 gráficas, mapas, diagramas, transparencias etc. (inédito).
- GRACIA ALCOVER, Blas. 1980
"Vitaminas y Medicina Herbaria"
 5ta. ed. Santiago de Chile. 264p.
- GRAY, T.R.G. & WILLIAMS, S.T. 1971
"Soil micro-organisms"
 Longman, London. 240p. illus.
- GREGORY, Luis E.; GASKINS, Murray H. & COLBERG, Charles. 1967
"Parthenocarpic pod development by *Vanilla planifolia*
 Andrews, induced with growth-regulating chemicals"
 N.Y., Bronx. Econ. Bot. 21(4): 351-357. illus.

- GRIFFITHS, John F. 1985
"Climatología Aplicada"
 Publ. Cultural, México, D.F. 154p. ilus.
- GRIME, John Phillip. 1982
"Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación"
 Méx. D.F. Limusa. 291p. ilus.
- HARDY, Frederick. 1970
"Suelos Tropicales; pedología tropical con énfasis en América" Méx. D.F. Herrero Hnos. Sucesores. 334p. ilus.
- HARTMANN, H.T. & KESTER, D.E. 1962
"Propagación de Plantas; principios y prácticas"
 México, D.F. CECSA 693p. ilus.
- HAWKES, A.D. 1965
"Encyclopedia of cultivated Orchids"
 London. Faber & Faber Ltd. 24 Russell sq. 488-490p.
- HEVÍN, S.; GRAS, R. & MONNIER, G. 1972
"El Perfil Cultural; el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas" Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 342p. ilus.
- HERNÁNDEZ, Francisco (Dr.) 1959
"Historia Natural de Nueva España"
 2 Tomos, En. Obras Completas III-IV UNAM, México.
- HERNÁNDEZ BORBONIO, Adriana Edith. 1981
"Estudio de los factores climáticos y edáficos en cultivos de vainilla en la Zona Norte del Estado de Veracruz"
 México, D.F., Tesis Biólogo, Fac. de Cienc. UNAM, 114p. ilus.
- HERRERÍAS, Francisco (Ing.) 1980
"El cultivo de la vainilla"
 México, Fruticultura Mexicana, Vól. Tec. Inf. Año 2, Tomo 3
 Núm. Esp. Mar./Dic./1980 CONAFRUT. 36p. ilus.
- HEYDEN, Doris. 1985
"Mitología y Simbolismo de la Flora en el México Prehispánico"
 Inst. Invest. Antropol. Serie. Antrop. No. 44 UNAM, Méx. 176p. ilus.
- HOLLE, Miguel & MONTES, Alfredo. 1982
"Manual para la enseñanza práctica de producción de hortalizas" IICA, San José, Costa Rica, 224p.
- HUMBOLDT, Alejandro de. 1876
"Cuadros de la Naturaleza"
 Col. Obras de A. de Humbdt. Trad. de Bernardo Giner; Madrid.
 Imp. y Lib. de Gaspar Editó. 589p. ilus.
- HUMBOLDT, Alejandro de. 1978
"Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España"
 Porrúa, 3a. ed. Méx. D.F. 696p. ilus.
- HUSCHKE, Ralph E. 1959
"Glossary of Meteorology"
 Compliments of Amer. Meteorol. Soc. Boston Mass. 638p.

- INSTITUTO CUBANO DE GEODESIA Y CARTOGRAFÍA. (ICGC). 1978
"Atlas de Cuba"
 La Habana, 167p. ilus., gráficos, mapas. 34x25x2 cm .
- INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA (IPGH). 1976
"Atlas Climatológico e Hidrológico del Istmo Centroamericano"
 Guatemala, C.A. Com. Reg. de Rec. Híd., Publ. No. 367 IPGH
 51x73 cm. 2p. 9 mapas 93x73cm (1: 2 000 000) inf. adic. 3p.
- IORISH, N. 1985
"Las Abejas Farmacéuticas aladas"
 Edit. MIR, Moscú, 168p. ilus.
- JEFFERS, John N.R. 1978
"An introduction to systems analysis: with ecological applications" a series of student texts in contemp. biol.
 Edward Arnold, London. 198p.
- JOLY, Martine. 1985
"El Libro del Amante del Chocolate"
 El Cuerno de la Abundancia. Serie Mayor No. 2. José J. de
 Olañeta Ed. Palma de Mayorca. 195p. ilus.
- KALDMAN ENCINAS, Juan Francisco & SANCHEZ F., Miguel. 1977
"El ábaco, instrumento de investigación microeconómica agrícola" En: "Metodología para el análisis económico de la parcela cañera" CENTRO NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD (CENAPRO) México, D.F. 148p. pp- 19-50.
- KALDMAN ENCINAS, Juan Francisco (Ing.) 1980
"Planeación de Empresas Agropecuarias"
 México, D.F. CENAPRO. 205p. ilus.
- KAPLAN LANGMAN, Ida. 1964
"A select guide to the literature of the flowering plants of Mexico" Phyladelphia. Univ. of Pensylvania Press. 1015p.
- KEEN, Benjamín. 1984
"La Imagen Azteca en el Pensamiento Occidental"
 Secc. de Obr. de Hist. Fondo de Cultura Económica,
 México, D.F. 609p.
- KING, A.B.S. & SAUNDERS, J.L. 1984
"Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central; una guía para su reconocimiento y control"
 TDRI/ODA Londres, CATIE/IICA, San José, Costa Rica, 182p. ilus.
 claves, productos.
- LANVERDE, A. 1941
"Diez Cultivos Tropicales"
 México, D.F. 207-213. IMERNAR.
- LAS CASAS, Fray Bartolomé de. 1981
"Historia de las Indias"
 Bibl. Amer. Serie de Cronistas de Indias. 3 Tomos
 (I-517, II-611, III-525p.) Fondo de Cult. Econ. México, D.F.

- LEAL LARA, Hermilo. 1981
"Principios de Composteo-Fermentación al aire libre de materia orgánica" En: "Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos" Monroy & Viniegra (Compil.) México, D.F. AGT ed. 26Op. 95-99.
- LEÓN, A. (Traductor)
"Crónica Mexicayotl" (Texto Nahuatl)
 Inst. de Hist., UNAM; Imp. Univ. Méx. pp- 4-6, fragmento.
- LEÓN, Nicolás. (1886, 1859, 1929). 1943
"Manual para el cultivo y beneficio de la vainilla en el Estado de Michoacán" México, D.F. Vargas Rea. 4lp. ilus.
 Ejemplar No. 76.
- LEÓN PORTILLA, Miguel. 1983
"Los Antiguos Mexicanos a través de sus crónicas y cantares"
 Lecturas Mexicanas No. 3. Méx. SEP/FCE 198p. ilus.
- LÓPEZ Y PARRA, Ramón. 1911
"La vainilla, su cultivo y beneficio en la República Mexicana y en el extranjero, y algunas consideraciones sobre el perfeccionamiento de este rico producto agrícola"
 México, Sria de Fomento, Imprenta y Fototipia. 78p.
- LUNA, Alvaro. 1981
"Cúrese con las hierbas y plantas medicinales"
 México, D.F. Edit. Méx. Unidos. 387p. ilus.
- LUNDEGÅRDH, H. 1957
"Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben"
 5. Aufl. Jena.
- MAC-GREGOR, Raúl & GUTIERREZ, Odile. 1983
"Guía de Insectos nocivos para la Agricultura en México"
 México, D.F. Edit. Alhambra Méx. 166p.
- MADEREY, Laura Elena. 1982
"Geografía de la Atmósfera"
 México, D.F. UNAM, Inst. de Geogr. 77p. ilus.
- MAGGIO PEÑA, Jaime Guillermo. 1964
"Agrometeorología de la Provincia de Pichincha" (Ecuador)
 México, D.F. Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), Plan Piloto del Ecuador. Publ. No. 252, 64p. ilus.
- MARÍN, L. 1929
"Breves apuntes sobre el cultivo de la vainilla"
 México, mimeografiado. 15p.
- MARRERO, Lévi. 1975
"La Tierra y sus recursos; una nueva geografía general visualizada" 19a. ed. Ed. Cultural Venezolana, Caracas. Col. Geogr. Visualizada. 395p. ilus.
- MARTÍNEZ, Maximino (Profr.) 1959
"Plantas útiles de la flora mexicana"
 Edic. Botas, Méx. D.F. 62lp. ilus.

- MARTÍNEZ, Maximino (Profr.) 1969
"Las Plantas Medicinales de México"
 Edic. Botas, Méx. 5ta. ed. 657p. ilus.
- MARTÍNEZ, Maximino (Profr.) 1979
"Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas" Méx., D.F. Fondo de Cultura Económica, 1220p.
- MARZOCCA, Angel. 1985
"Nociones básicas de Taxonomía vegetal"
 San José, Costa Rica. IICA: Serie de Lib.y Mat. Educ.
 No. 62, 263p. ilus.
- MC-MILLAN COMPANY, 1961
"Vainilla"
 in: "Trop. & subtrop. Agric." Vol 2, N.Y. 766-768. illus.
- MATTEUCI, Silvia & COLMA, Aída. 1982
"Metodología para el estudio de la vegetación"
 Monogr. No. 22, Serie de Biología, Monogr. Cient. O.E.A.
 Washington D.C. 168p. ilus.
- MEDINA, Ernesto. 1977
"Introducción a la ecofisiología vegetal"
 Monogr. No. 16, Serie de Biología, Monogr. Cient. O.E.A.
 Washington D.C. 97p. ilus. pp-69-71.
- MEDINA RAMÍREZ, Alfonso M. 1986
"Estudio de los deciles de lluvia y su aplicación a la estimación de la sequía" SARH/S.M.N. México, D.F. (inédito).
- MEDÍZ BOLIO, Antonio. 1943
"Después de los siete libros" (Ultimo cap. de "La Tierra del faisán y del venado").
 Rev. de Literatura Maya, Edic. Sel. de Yikal Maya Than, Imp.
 Oriente, Mérida Yuc. (Trilingue) 22p.
- MENDIETA, Rosa María & DEL AMO, Silvia. 1981
"Las Plantas Medicinales del Estado de Yucatán"
 México, INIREB/CECSA. 428p.
- MERCK & COMPANY INC. 1976
"The Merck Index: an encyclopedia of chemicals and drugs"
 Rahway, N.J. USA. 9th. ed. 1275p.
- METCALF, C.L. & FLINT, W.P. 1985
"Insectos Destructivos e Insectos Utiles: sus costumbres y su control" CECSA Méx. 4ta ed. 1206p. ilus., claves.
- MIRANDA, Faustino; GOMEZ-POMPA, Arturo & HERNÁNDEZ XOLOCOTZI, Efraim. 1967
"Un Método para la Investigación Ecológica de las Regiones Tropicales" Anales del Inst. de Biól. UNAM, 38, serie Bot. (1):
 101-110, 6 fig.
- MIRANDA, Faustino. 1976-1977
"La Vegetación de Chiapas"
 México, 2 Tomos (I-265, II-324p) Edic. del Gob. del Edo. de
 Chis. Tuxtla Gtz. ilus.

- MOLINIER, Roger & VIGNES, Pierre. 1971
"Introducción a la Ecobiocenología; los biotopos, las biocenosis, los ecosistemas" Barcelona. Edit. vicens-vives, 457p. ilus.
- MONTALDO, Patricio. 1982
"Agroecología del Trópico Americano"
 IICA, San José, Costa Rica, Serie de Lib. y Mat. Educ. No. 51, 207p. ilus.
- MONTOYA, H.F. 1945
"Vainilla Shanat"
 Tesis E.N.A. México, 86p.
- MONTOYA, H.F. 1963
"Tecnología para el cultivo de la vainilla"
 S.A.G. México. Subsecretaría de Agric. 35p. ilus.
- MOSIÑO ALEMÁN, Pedro A. & GARCIA DE MIRANDA, Enriqueta. 1966
"Evaluación de la Sequía Intraestival en la República Mexicana" Conf. Reg. Latinoamer., Unión Geogr. Internac., Temas Geográficos-físicos, Tomo III, Soc. Mex. de Geogr. y Estad. Méx. pp- 500-516, ilus.
- MOSIÑO ALEMÁN, Pedro A. 1974
"Los Climas de la República Mexicana"
 En: "El Escenario Geográfico" la. parte. México, Panorama Hist. y Cult. I. SEP/INAH. pp- 57-172, ilus.
- MOSIÑO ALEMÁN, Pedro A. & GARCIA DE MIRANDA, Enriqueta. 1982
"The variability of rainfall in Mexico and it's determination by means of the gamma distribution" UNAM, Méx. Inst. de Ciencias de la Atmósfera. ilus. mapas.
- MUMFORD, Lewis. 1971
"Técnica y Civilización"
 Alianza Editorial, Madrid, 522p.
- NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. 1981
"Atlas of the World"
 Washington D.C. 5th. ed. 385p. 47x31.4 cm , illus. mapa.
- NICHOLLS, A.H.A. 1910
"Manual de Agricultura Tropical" (Trad.)
 Freburgo de Brisgovia, Alemania: 186-192 (Mimeografiado).
- NIEMBRO ROCAS, Aníbal. 1986
"Arboles y Arbustos útiles de México: naturales e introducidos"
 Univ. Aut. de Chapingo' (UACH), Méx., Dpto. de Bosques. Limusa, Méx. 206p. fotos.
- NÚÑEZ E. Roberto. 1981
"Principios de fertilización agrícola con abonos orgánicos"
 En: "Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos" Monroy & Viniegra (Compil.) AGT Ed. Méx. 260p. : 57-63.
- OCHSE, S. Jr.; DYKMAN & WEHLBURG. 1972
"Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales"
 2 Tomos. México, Limusa-Wiley. pp- 860-863.

- OLIVERA S., Antonio & ZUÑIGA B., Sergio. 1977
"Elementos de Probabilidad"
 Serie de Prob. y Estad., IMPOS Ed. Méx. 68p.
- ORTIZ, L.O. 1945
"El cultivo de la vainilla"
 TESIS, Chapingo Méx. 90p.
- OSORIO, A.S. 1932
"La vainilla: apuntes sobre su cultivo"
 TESIS, Chapingo. Méx. 40p.
- OZENDA, P. 1982
"Les végétaux dans la biosphère"
 Doin Editeurs-Paris. 43lp. illus.
- PAPADAKIS, Juan. 1960
"Geografía Agrícola Mundial"
 Barcelona. Col. Agrícola Salvat. Salvat Ed. 649p. illus.
- PAPADAKIS, Juan. 1980
"El Clima; con referencia especial a los climas de América Latina, Península Ibérica, Ex-colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias" Ed. Albatros, Buenos Aires, Argentina. 377p. illus.
- PAPADAKIS, Juan. 1980'
"El Suelo; con referencia especial a los suelos de América Latina, Península Ibérica, y Excolonias Ibéricas"
 Ed. Albatros, Buenos Aires, Arg. 346p. illus.
- PAPALOAPAN (COMISION DEL)/SARH. 1975
"Atlas Climatológico e Hidrológico de la Cuenca del Papaloapan"
 Ing. y Proc. Electrónico; Méx. 19p. 79tabs., mapas, gráficos, 54.6x30.0x1.7 cm .
- PARRA Q., Rafael Angel. 1984
"La Vainilla"
 Folleto Técnico No. 1 SARH/INIA. Marzo 1984. Campo Agrícola Experimental Auxiliar Papantla. Papantla, Ver. Méx. 20p. illus.
- PELHAM WRIGHT, N. 1958
"Orquídeas de México"
 Edit. Fournier S.A., 23p. bilingue. 40 illus. Distr. Prensa Médica Mexicana.
- PENNINGTON, C. et. al. 1954
"A comparison of three methods of vanilla culture in Puerto Rico" Turrialba, Costa Rica, Turrialba 4(2): 79-87.
- PETTERSEN, Sverre. 1976
"Introducción a la Meteorología"
 5ta. ed. Espasa Calpe, S.A. Madrid. 469p. illus.
- PIANKA, Eric R. 1978
"Evolutionary Ecology"
 2nd. Ed. Harper & Row Publ. N.Y. 397p. illus.

- PIÑA CHAN, Román. 1985
"Quetzalcoatl; serpiente emplumada"
 Lecturas Mexicanas, No. 69. México, D.F. SEP/FCE 73p. ilus.
- PORTER, C.L. 1967
"Taxonomy of flowering plants"
 W.H. Freeman & Co. San Francisco 472p. ilus. fot.
- PUIG, Henry. 1976
"Vegetation de la Huasteca Mexique: étude phytogéographique et écologique" Col. Etudes Mesoamericaines Vol. 5.
 M.A.E.F.M. Mexique. 537p. Cartes des Phytoclimax et des Bioclimats.
- QUINTANAR ARELLANO, Francisco, 1964
"Vainilla"
 En: "Productos Agrícolas Mexicanos en la Alimentación Mundial" México, D.F. Impreso: 86-87, ilus. (IMERNAR).
- RAMOS SÁNCHEZ, Angel & HERNANDEZ XOLOCOTZI, Efraím. 1967
"Análisis del medio físico en la región de climas "A" de Köppen en el Oriente de México y su aplicación en la investigación agropecuaria" Méx. D.F. Rev. Agrociencia 1(2):1-14.
- RENGADE (Dr.) 1887
"Las plantas que curan y las plantas que matan"
 Montaner y Simón Ed. Barcelona, 224p. ilus.
- RICHARD, Achille. 1845
"Nouveaux Elements de Botanique et de Physiologie Vegetale"
 7ème. ed. Béchet Jeune, Libraire-Editeur. Paris. 851p. ilus.
- RODRÍGUEZ DE LA MORA, Mercedes, 1944
"Valoraciones de vainillina en vainillas mexicanas"
 México, D.F. Tesis Q.F.B. UNAM, Fac. de Cienc. Quím.
- RODRÍGUEZ VALLEJO, José. 1977
"La Agricultura"
 En. "Recursos Naturales de la Cuenca del Papaloapan" Tomo II, IMERNAR, México, D.F. pp- 465-506.
- SAGAR, G.R. 1970
"Esquema del ciclo de vida de cualquier planta y de las fuerzas ambientales a que se encuentra sujeta en sus diversas fases" Proc. 10th. British Weed Control Conf. London. 3: 965-79.
- SAHAGÚN, Fray Bernardino de. 1982
"Historia General de las Cosas de Nueva España"
 Col. Sepan-Cuantos No. 300. Porrúa, Méx. D.F. 5ta ed. 1093p.
- SÁNCHEZ, Pedro A. 1981
"Suelos del Trópico: características y manejo"
 San José, Costa Rica. IICA. 634p. ilus.
- SÁNCHEZ-MONGE y PARELLADA, Enrique. 1981
"Diccionario de Plantas Agrícolas"
 Serv. Publ. Agr. Minist. Agric. Madrid. 467p.

- SÁNCHEZ RIOS, Armando. 1980
"Viabilidad de la explotación vainillera en México"
 Tesis UNAM, Fac. de Econ. 264p. cuadros.
- SANDINO MUÑOZ, Imelda María. 1957
"Diferentes métodos de valoración del aldehído metoxi-3-hidroxi-n-benzoico" México, D.F. Tesis Q.F.E., UNAM Univ. Fem. de Méx. 51p. ilus.
- S.A.R.H./DIR. GRAL. DE PLANEACION/CENTRO DE ESTUDIOS EN PLANEACION AGROPECUARIA (C.E.S.P.A.) 1983
"Sistema de Información Para la Planeación Agropecuaria" (SIPA) Proyecto de Cooperación SARH/ONU/CEPAL., México, D.F. 317p. de computadora, tamaño doble carta sin foliar. Banco de Datos/ SARH.
- SAX, N. Irving. 1981
"Cancer Causing Chemicals"
 Van Nostrand Reinhold Co. N.Y. 464p.
- SCHEINVAR AKCELRAD, Paulo. 1976
"El Plan Nacional Agrícola 1973-1975: un análisis crítico"
 México, D.F. Tesis, UNAM, Fac. de Econ. 100p.
- SCHNEE, Ludwig. 1984
"Plantas comunes de Venezuela"
 Venezuela. 3a. ed. Col. Cienc. Biol. VIII. Edic. de la Biblioteca, Caracas. Univ. Centr. de Venz. 822p.
- SCHUTTE, Karl H. 1966
"La biología de los microelementos y su función en la alimentación" Madrid. Tecnos. 277p. ilus.
- SCHWEITZER, Albert.
"My Life and Thought"
 cit.en: SEEVER, George. 1964; "Albert Schweitzer: el hombre y su obra" Comp. Gral. Fabril Edit. Argentina, 343p.
- SCOTT, George D. 1976
"Simbiosis Vegetal"
 Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona. 60p. ilus.
- SEARLE, Charles E. (Edit.) 1964
"Chemical Carcinogens"
 2nd. ed. ACS Monograph 182. Amer. Chem. Soc. Washington D.C. 2 Vols. 1372p. + index.
- SELECCIONES DEL READER'S DIGEST. 1964
"El Atlas de Nuestro Tiempo"
 Rand McNally & Co. N.Y., 267p. 40x38 cm illus. mps. ref.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (SAG). 1954
"Atlas Geográfico de los Estados Unidos Mexicanos"
 Ed. Dir. Gral. de Geogr. y Meteorol. 35p. extend. 56x46cm mapas y cartas.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SARH). 1976
"Atlas del Agua de la República Mexicana"
 México, D.F. SARH. 253p. 66x48cm.

- SECRETARÍA DE LA PRESIDENCIA. Enero 1970
"Carta de Climas Pachuca 14 Q-(IV)"
"Carta de Climas Veracruz 14 Q-VI"
 (1: 500 000) México, D.F. CETENAL/Inst. de Geogr. UNAM
 Talleres Gráficos de la Nación.
- SEJOURNE, Laurette. 1984
"Pensamiento y Religión en el México Antiguo"
 Lect. Méx. No. 30 SEP/FCE. 22Op. ilus.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (S.M.N.)/DIR.GRAL. 1982
"Normales Climatológicas: periodo 1941-1970"
 SARH/SMN Tacubaya, Méx. D.F. 799p. fichas.
- SEYMOUR, John. 1980
"El Horticultor Autosuficiente"
 Guía Prác. Ilus. para la vida en el campo No. 2.
 BLUNE, Barcelona. 256p.
- SHAKESPEARE, William. 1929
"Obras Completas"
 Aguilar, Madrid. 2197p.
- SHRINER, Ralph L.; FUSON, Reynold C. & CURTIN, David Y. 1974
"Identificación Sistemática de Compuestos Orgánicos"
 LIMUSA, México, D.F. 479p. ilus. Tabs.
- SIMEÓN, Rémi. 1984
"Diccionario de la lengua Náhuatl o Mexicana"
 Siglo XXI ed. México, D.F. 4ta. ed. Nuestra America. 783p.
- SOLÍS Y RIVADENEYRA, Don Antonio de. 1783
"Historia de la Conquista de México, población y progresos
 de la América Septentrional conocida con el nombre de
 Nueva España" Madrid. Imp. de D. Antonio de Sancha, 1783,
 Tomo I. 470p. ilus.
- SOUZA NOVELO, Narciso; SUÁREZ MOLINA, Víctor M. &
 BARRERA VÁZQUEZ, Alfredo. 1981
"Plantas Melíferas y Poliníferas de Yucatán"
 Fondo Edit. de Yuc. Mérida Yuc. Méx. 61p.
- STANDLEY, Paul C. (Dr.) 1977
"La Flora de Yucatán"
 En: "Enciclopedia Yucatanense", Tomo I, pp- 473-523. 4da. ed.
 Gob. del Edo. de Yuc. México.
- STARCK, Raymond. 1981
"El Libro de los Afrodisiacos"
 Col. Fontana Práctica, Martínez Roca Ed. 206p.
- STRINGER, E.T. 1972
"Foundations in climatology: an introduction to physical,
 dynamic, synoptic, and geographycal climatology"
 W.H. Freeman and Co. San Francisco, 586p. illus. p-24.
- STRINGER, E.T. 1972
"Techniques of Climatology"
 W.H. Freeman and Co. San Francisco. 539p. illus.

- STUART, Malcolm (Dir.) y Col. 1981
"Enciclopedia de Hierbas y Herboristería"
 Barcelona, Ed. Omega. 303p. ilus.
- TAMARO, Dr. D. 1979
"Tratado de Fruticultura"
 Barcelona, Gustavo Gili Ed. 939p. ilus.
- TAMAYO, Jorge L. 1962
"Atlas Geográfico General de México"
 2da. ed. Inst. Méx. de Invest. Econ. 22 mapas.
- THORNTWHAITE, C. Warren. 1948
"An approach toward a rational classification of climate"
 Geogr. Rev. Vol. XXXVIII, 1. 55-94. January. 1948, 4 maps.
- THORNTWHAITE, C. Warren. 1933
"The Climates of the Earth"
 Geogr. Rev. Vol. XXXIII: 433-440. 3rd. vol of the year,
 with separate map 1: 77 000 000.
- THORNTWHAITE, C. Warren. 1931
"The Climates of North America according to a new
 classification" Geogr. Rev. Vol. XXI: 633-655. October 1931
 with separate maps. 1: 20 000 000.
- TORRES RUÍZ, Edmundo. 1983
"Agrometeorología"
 México, D.F. edit. Diana. 150p. ilus.
- UNION TIPOGRÁFICA EDITORIAL HISPANO-AMERICANA (UTEHA) 1952
"Vainilla"
 En: "Dicc. Encicl. Tomo X" Méx. D.F. p-587, 651.
- UNIVERSIDAD VERACRUZANA (Art. Periodísticos, varios aut.) 1984
"La vainilla mexicana: su original importancia y su deca-
 dencia económica" Veracruz, Méx. Rev. Extensión, Núm.
 22, 44p. ilus.
- VAINILLEROS. 1a. CONVENCION NACIONAL DE (Anónimo) 1945
"Primera Convención Nacional de Vainilleros celebrada del
 25 al 29 de abril en Gutiérrez Zamora, Veracruz"
 Fitófilo 4(3), 1945: 149-175.
- VAN DEN ENDE & STEGWEE, D. 1971
"Physiology of sex in mucorales"
 Bot. Rev. 37: 22-36.
- WERNSTEDT, Frederick L. 1972
"World Climatic Data"
 Climatic Data Press, Lemont Pennsylvania. 523p.
- WILD-ALTAMIRANO, Carlos. 1967
"Algunos aspectos históricos del cultivo y beneficio de
 la vainilla" México, Acta Politécnica Mexicana 8(39): 39-45.

- WILLIAMS, C.N.; CHEW, W.Y. & RAJARAMNAM, J.H. 1980
"Tree and field crops of the wetter regions of the tropics"
 Intermediate Trop. Agric. Series. Longman, London. 262p.
 illus: 232-233.
- WILLIAMS, L.O. 1951
"The Orchidaceae of Mexico"
 Ceiba. June 20; 2(1): 34-35.
- WILSON, Edward O. 1979
"The Insect Societies"
 Belknap Press of Harvard Univ. Press, London, 548p. illus.
- YÁÑEZ RUÍZ, Manuel. 1959
"Los tributos en los Aztecas"
 En: "Esplendor del México Antiguo" Tomo II. Centro de Inv.
 Antropol. de Méx. México, D.F. pp- 777-788. ilus.
- ZAVALA, Silvio A. 1973
"La Encomienda Indiana"
 Bibl. Porrúa No. 53. 2da. ed. Porrúa, Méx. D.F. 1043p.
- ZEPEDA RINCÓN, Tomás. 1941
"La República Mexicana: geografía y atlas"
 2da. ed. Edit. Progreso. Méx. 152p. ilus. maps.