

DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA EL CULTIVO DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) EN LA REGIÓN TOTONACAPAN, MÉXICO

PRELIMINARY DETERMINATION OF YIELD COMPONENTS FOR VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) CULTIVATION IN TOTONACAPAN REGION, MEXICO

Rocha-Flores R.G.¹; Herrera-Cabrera B.E.^{2*}; Velasco-Velasco J.¹; Salazar-Rojas V.M.⁴; Delgado-Alvarado A.²; Mendoza-Castillo M.C.³

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. ²Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ⁴Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Av. de los Barrios, N° 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54090.

*Autor de correspondencia: behc@colpos.mx

RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia*) es uno de los cultivos tropicales originarios de México más importantes a nivel comercial, aunque en los últimos 25 años el volumen de producción y el rendimiento del cultivo han disminuido considerablemente. El conocimiento vigente sobre paquetes tecnológicos para el cultivo de vainilla; al igual que el conocimiento tradicional sobre sistemas de producción es muy limitado. Pero es aún más reducida la información sobre los componentes que determinan el rendimiento de vainilla y que podrían ser atendidos a través del manejo agrícola. Por lo anterior, el objetivo del trabajo se concentró en analizar variables y factores que inciden en el rendimiento del cultivo de vainilla en la región Totonacapan, México. Se evaluaron dos genotipos de vainilla, Q1 y Q6, el y Q6 se estudió en dos sitios. Se analizaron 28 variables agronómicas asociadas a rendimiento. Se realizó un análisis de componentes principales biplot, con el propósito de identificar gráficamente el nivel de relación entre el agrupamiento de las plantas y las variables de rendimiento. Los resultados permitieron identificar tres perfiles de rendimiento en el germoplasma evaluado. Se observó que los perfiles de mayor rendimiento y calidad de fruto asociados al Q6, independientemente de la localidad, están correlacionados con menor sanidad y mayores niveles de caída de fruto. Mientras que en el material más silvestre Q1, se distinguió un perfil con menores valores de rendimiento, pero con bajos niveles de caída de frutos y mayores parámetros de sanidad.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*, genotipos, productividad, vainas, cultivo.

ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia*) is one of the most important commercial tropical crops originating in Mexico, however in the last 25 years the volume of production and the yield of the crop have diminished considerably. Current knowledge about technological packages for the cultivation of vanilla; just



Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 9-14.

Recibido: enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.

as traditional knowledge about production systems, is very limited. But information on the components that determine vanilla yields that could be addressed through agricultural management is even smaller. Therefore, the aim of this work was to analyze variables and factors that affect the yield of the vanilla crop in the Totonacapan region, Mexico. Two vanilla genotypes Q1 and Q6 were evaluated, the Q6 was studied in two sites. 28 agronomic variables associated with yield were analyzed. A biplot Principal Component Analysis was carried out, with the purpose to identify the relationship level between the grouping of individual plants and yield variables. The results allowed to identify three performance profiles (PR) in the evaluated germplasm. It was observed that the profiles of higher yield and fruit quality associated with the Q6, independently of the locality, are correlated with less health and higher levels of fruit fall. While in the most wild material Q1, a profile with lower yield values was distinguished, but with low levels of fruit fall and higher health parameters.

Keywords: *Vanilla planifolia*, genotypes, productivity, pods, crop.

INTRODUCCIÓN

Agronómicamente, el rendimiento de un cultivo se utiliza como estimador de la producción obtenida por unidad de superficie o por individuo y representa la expresión de la interacción de factores ambientales, genéticos y de manejo (Maturano, 2002). En la mayoría de los cultivos el rendimiento está determinado por la relación de biomasa que existe entre el crecimiento de los órganos de cosecha y el resto de la planta (Andrade *et al.*, 2005). En el caso de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) uno de los órganos utilizados para estimar el rendimiento es el fruto o "vainilla". Y a pesar de que vainilla es una especie originaria de México y Centro América, su cultivo formal es reciente (alrededor de 200 años) de manera que el conocimiento tradicional sobre cultivo y características de las plantas es limitado (Soto-Arenas, 2006). Incluso para autores como Soto-Arenas (2006) el germoplasma de vainilla es un material con pocas generaciones de selección que no presenta síndromes de domesticación o la expresión de caracteres asociados a rendimiento.

El cultivo de vainilla está asociado a sistemas agroforestales que integran árboles de soporte o forofitos que ayudan a mantener los ciclos biogeoquímicos naturales, preservan el paisaje, la biodiversidad local, la capacidad de regeneración de la selva. Desde el punto de vista ambiental, el rendimiento de vainilla está condicionado por la interacción entre la especie, y la cantidad y calidad de recursos ecológicos, hídricos, edáficos y luminosos que proporciona dicho agroecosistema.

En los últimos 25 años, la producción de vainilla en México ha disminuido considerablemente por varios factores como: caída prematura del fruto (Castillo y Engleman, 1993; Soto-Arenas, 2006), nutrición deficiente (Soto-Arenas, 2006; Porras-Alfaro y Bayman, 2007), presencia de plagas y enfermedades (Divakaran *et al.*, 2006; Hernández y Lubinsky, 2011) y altos costos de producción por la polinización manual (Coro, 2009). Particularmente en 80% de la producción nacional de vainilla que se obtiene de la región del

Totonacapan, es posible distinguir un patrón de rendimiento reducido por unidad de superficie (0.6 t ha^{-1}) y rendimiento fluctuante año con año (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

En la búsqueda de alternativas para incrementar el rendimiento de vainilla en México, es requisito previo explorar componentes que ayuden a definir de manera pertinente el concepto de rendimiento para el cultivo de vainilla. Y dado que es un material considerado como "en proceso de domesticación", se seleccionaron genotipos contrastantes (silvestres y cultivados) (Salazar-Rojas *et al.*, 2011, Herrera-Cabrera *et al.*, 2012) para estudiar las variables biológicas que inciden en el rendimiento del cultivo de vainilla en la región Totonacapan Puebla-Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie y sitios de estudio

Se estudiaron individuos en etapa reproductiva en diferentes sistemas de cultivo. Se identificaron 24 plantas seleccionadas de acuerdo a criterios de sanidad y mayor número de frutos dentro de la plantación durante 2014, en tres localidades: Genotipo Q6 en Ejido Primero de Mayo (6), y Rancho 20 Soles (9) en Papantla, Veracruz; y Genotipo Q1 en Ejido Carrizal Viejo (9), Pantepec, Puebla. Las características por sitio, superficie y ubicación geográfica se presentan en el Cuadro 1.

Caracteres evaluados

La estimación de las variables de rendimiento en vainilla se analizó a través de 28 variables agronómicas (Cuadro 2). La selección de las variables se realizó a partir de una revisión bibliográfica en cultivos de reproducción por esqueje

donde se han evaluado variables de rendimiento agronómico como *Solanum tuberosum* (Tornés, 2008) *Asparagus officinalis* (Asprelli et al., 2005), *Solanum lycopersicum* (Santiago et al., 1998) y un modelo de rendimiento en vainilla (Menon et al., 2002).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se analizó el efecto del genotipo y de la interacción individuo por genotipo sobre 28 variables de ren-

Cuadro 1. Características del sitio de estudio y del sistema de manejo de producción de *Vanilla planifolia* en la región del Totonacapan, México.

Sitio	Carrizal Viejo, Pantepec, Puebla	1° Mayo, Papantla, Veracruz	20 Soles, Papantla, Veracruz
Coordenadas (UTM)	N 20°30.280' O 097°53.389'*	N 20° 17.682' O 097° 15.915'*	N 20°25.662' O 097°18.790*
Altura (msnm)	290*	100*	180*
Superficie (ha)	0.937	0.8166	0.0309
Riego	Rodado	Rodado	Rodado

*Datos tomados en campo con GPS Garmin modelo Montana 650.

dimiento. Para el análisis se utilizó un modelo equivalente al diseño experimental de bloques comple-

tamente al azar desbalanceado (PROC GLM, SAS 2002). La comparación de medias para las variables

Cuadro 2. Medias, coeficientes de variación (CV) y cuadrados medios por sitio y sitio por planta de las 28 variables agronómicas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en los tres sitios de estudio del Totonacapan, México.

Variable	Media	CV (%)	Cuadrados Medios	
			Sitio	Sitio x (Planta)
Altura de planta (cm)	721.20	9.94	960189.56**	225221.87**
Ancho apical de fruto (mm)	11.55	14.93	96.21**	5.41 ^{ns}
Ancho basal de fruto (mm)	10.46	16.50	181.23**	9.03**
Ancho ecuatorial de fruto (mm)	10.77	15.82	76.07**	7.91*
Brote reproductivo (No.)	5.75	28.55	56.94**	2.70**
Brote vegetativo (No.)	9.42	31.07	126.03**	8.56**
Distancia entre hileras (m)	2.08	0.00	1.37**	0.00**
Distancia entre nudos (cm)	9.67	10.98	0.63^{ns}	1.13^{ns}
Distancia entre plantas (m)	1.59	0.00	7.18**	0.00**
Diámetro apical tallo (cm)	2.96	23.67	0.22^{ns}	0.50^{ns}
Diámetro basal de tallo (cm)	3.66	12.02	0.13**	0.19**
Diámetro ecuatorial de tallo (cm)	3.89	18.42	0.22**	0.51**
Diámetro apical de fruto (mm)	12.82	14.75	90.98**	10.43**
Diámetro basal de fruto (mm)	11.63	12.94	232.61**	9.1**
Diámetro ecuatorial de fruto (mm)	13.23	12.35	55.10**	11.72**
Flores polinizadas totales por planta (No.)	27.46	19.82	1223.09**	635.70**
Flores totales por planta (No.)	37.38	18.16	1127.95**	1110.56**
Incidencia de <i>Fusarium</i> spp (%)	1.79	6.01	0.41**	0.64**
Longitud de esqueje no reproductivo (cm)	494.91	15.48	536398.58*	67484.36*
Longitud de esqueje reproductivo (cm)	355.38	40.89	112903.48*	21126.29*
Longitud de fruto (cm)	18.45	12.33	229.59**	15.86**
Número de frutos abortados (No.)	3.54	40.76	10.09*	2.68^{ns}
Número de frutos totales (No.)	9.00	32.74	164.81**	8.69**
Número de hojas totales por planta (No.)	105.32	13.58	2464.01**	1085.60**
Número de racimo totales por planta (No.)	7.58	21.10	148.03**	61.13**
Número de frutos por inflorescencia (No.)	25.50	19.45	1437.56**	643.19**
Peso fresco de frutos totales (g)	14.27	24.64	163.88**	93.62**
Severidad de enfermedades (%)	1.74	11.50	11.53**	1.63**

**=diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$); *=diferencias significativas ($P \leq 0.05$); ns=diferencias no significativas.

agronómicas en los sitios se calculó con base en la media armónica (n), mediante la prueba de Tukey (SAS, 2002). Se utilizó un análisis componentes principales biplot (ACP-b) con el propósito de identificar la relación entre el patrón de agrupamiento de las variables y el patrón de agrupamiento de las plantas y los genotipos estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos y entre individuos dentro de cada ge-

notipo en 26 caracteres analizados. Los caracteres de distancia entre nudos y diámetro apical de tallo no presentaron diferencias en ninguna de las dos fuentes de variación analizadas y número de frutos abortados sólo fue significativamente diferente entre genotipos (Cuadro 2).

La dispersión de los 24 ejemplares representados en el espacio determinado por los dos primeros componentes principales explicó 58% de la varianza total (Cuadro 3). El componente principal 1 (CP1) explicó 46% de

variación a partir de variables relacionadas con el tamaño, peso y sanidad de los frutos: el diámetros de fruto (Dvaina), ancho de fruto (Avaina), severidad de enfermedades (Pcuaren) e incidencia de *Fusarium* spp. (Pini). El segundo componente (CP2) explicó 12% de la varianza y se concentró principalmente en variables relacionadas con la calidad de la estructura vegetativa de la planta, concretamente: Altura de la planta (Aplanta), diámetro de tallo (Dtallo), longitud de esqueje no reproductivo (Lonnrep) y el número de frutos con abscisión o abortados (Naborto) (Cuadro 3).

Respecto a la distribución espacial de los primeros tres componentes principales en el análisis BIPLLOT, se identificaron tres agrupamientos de plantas y variables, definidos como perfiles de rendimiento (PR) (Figura 1). El grupo PR1 integró plantas correspondientes al genotipo Q1 de Pantepec, Puebla, que presentaron como características, bajo número de brotes (vegetativos y reproductivos), menor número de flores y frutos, y frutos de dimensiones menores. Pero con altos niveles de sanidad, baja incidencia de *Fusarium* spp., y bajos niveles de frutos abortados. (Figura 1).

El grupo PR2 agrupó plantas del genotipo Q6 ubicadas en la localidad de primero de mayo (Figura 1). Correspondieron a materiales con los mayores valores en parámetros relacionados con la calidad de fruto: largo, ancho, peso; mayor número de hojas, flores y vainas por inflorescencia (Figura 2), pero con menor sanidad y un nivel intermedio en frutos abortados (Figura 1).

Cuadro 3. Valores propios, vectores propios y proporción acumulada de las variaciones explicadas por cada variable en las primeras dos dimensiones de 25 variables agronómicas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en el Totonacapan, México.

CARÁCTER	CLAVE	CP1	CP2
Longitud de fruto	Lvaina	0.24	-0.13
Diámetro basal de fruto	Dvainab	0.24	0.16
Diámetro ecuatorial de fruto	Dvainam	0.23	0.13
Diámetro apical de fruto	Dvaina	0.22	0.09
Ancho apical de fruto	Avainab	0.26	0.06
Ancho basal de fruto	Avainam	0.23	0.14
Ancho ecuatorial de fruto	Avaina	0.24	0.09
Peso fresco de frutos totales	pfresco	0.23	0.02
Incidencia de <i>Fusarium</i> spp	Pini	0.23	-0.05
Número de hojas totales por planta	Pveinte	0.13	0.08
Severidad de enfermedades	pcuaren	0.24	-0.09
Altura de planta	Aplanta	0.03	0.29
Número de frutos totales	Nfruto	0.19	-0.06
Número de frutos abortados	Naborto	0.19	-0.26
Brote vegetativo	Bvege	0.24	0.11
Brote reproductivo	Brepro	0.25	0.08
Distancia entre plantas	Dplanta	-0.14	0.43
Distancia entre hileras	Dhileras	-0.26	-0.01
Diámetro basal de tallo	Dtallob	-0.01	-0.26
Diámetro ecuatorial de tallo	Dtalloom	0.14	-0.02
Diámetro apical tallo	Dtalloa	-0.03	0.39
Número de frutos por inflorescencia	Nvainain	0.10	0.16
Número de racimo totales por planta	Nracimo	0.07	0.14
Flores totales por planta	Ftotal	0.11	0.14
Flores polinizadas totales por planta	Fpoli	0.18	0.08
Distancia entre nudos	Dnudos	0.03	0.13
Longitud de esqueje reproductivo	Lonrep	-0.21	0.16
Longitud de esqueje no reproductivo	Lonnrep	-0.13	0.43
Autovalor		12.762	3.377
Proporción (%)		45.58	12.06
Acumulada		45.58	57.641

Los números subrayados en negrita indican las variables de mayor influencia en el componente principal.

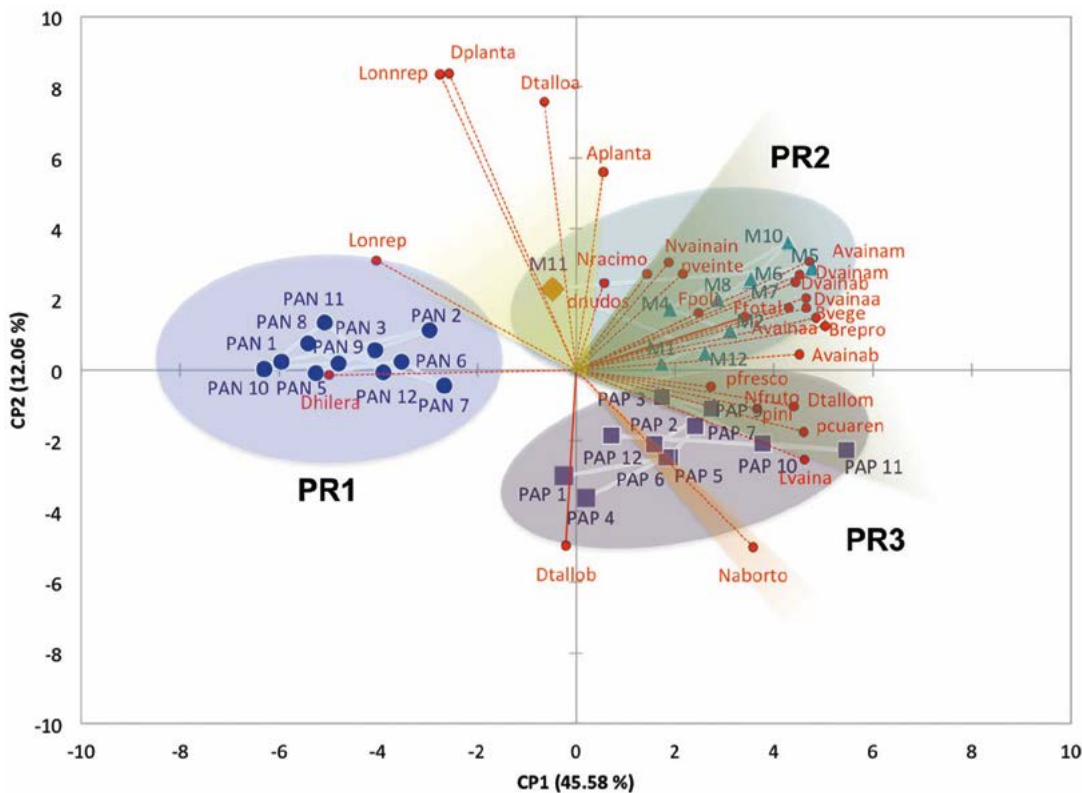


Figura 1. Dispersión de plantas productivas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en la región Totonacapan, Puebla-Veracruz, México, de acuerdo con 28 variables agronómicas con base en los dos primeros componentes principales. PAN: Pantepec, PAP: Papantla y M: Primero de Mayo. PR: Perfil de rendimiento.

El grupo PR3 concentra plantas del genotipo Q6 ubicadas en la localidad Rancho 20 Soles en Papantla, Veracruz (Figura 1). Corresponden a materiales con altos valores en parámetros relacionados con la calidad de fruto: largo, ancho, peso; mayor número de hojas, flores y vainas por inflorescencia (Figura 3); menor sanidad y el mayor número de frutos abortados.

De esta manera se identificaron tres perfiles de rendimiento asociados con el genotipo y la ubicación geográfica del genotipo Q6. Convencionalmente, el mejor rendimiento está definido por altos valores en los órganos de cosecha (Maturano, 2002; Andrade, 1996). De acuerdo a dicho argumento el genotipo Q6 representado en los perfiles de rendimiento PR2 y PR3 de la Figura 1, podría considerarse como una referencia para seleccionar indicadores de rendimiento en



Figura 2. Flores de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México.

vainilla. No obstante, la correlación que existe entre variables de alta calidad de fruto, baja sanidad en la planta y alto número de frutos abortados, dificulta utilizar únicamente variables de fruto para estimar los rendimientos de vainilla por superficie como se hace actualmente. A partir de los datos analizados, podría considerarse al perfil de rendimiento PR2 como un estado intermedio en la relación rendimiento/sanidad/aborto en frutos de vainilla. Sin embargo es claro que hay un nicho de investigación en relación al mejoramiento genético de vainilla para incrementar el rendimiento del cultivo a través de la integración de los componentes de sanidad y retención de fruto que se aprecian en el genotipo Q1, con los componentes de talla y peso de fruto observados en el genotipo Q6.

A pesar de que en la última década se ha avanzado mucho en la comprensión de la estrecha relación

antagónica que existe entre inmunidad y rendimiento a través del estudio de modelos moleculares en *Arabidopsis* (Brassicaceae), en otros grupos botánicos el desarrollo de cultivares vegetales resistentes a patógenos, sin reducción en su rendimiento; sigue siendo una pregunta abierta y una de las prioridades dentro del desarrollo de las nuevas estrategias de mejoramiento vegetal (Ning et al., 2017).

CONCLUSIÓN

Se observó que el germoplasma silvestre y cultivado de vainilla tiene un perfil de rendimiento bajo. Se distinguió un efecto del genotipo y la interacción de un genotipo con diferentes condiciones geográficas sobre el rendimiento del germoplasma de vainilla analizado. Y se identificó que la relación de variables de fruto, sanidad de la planta y aborto de frutos pueden funcionar como indicadores preliminares de rendimiento en vainilla.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SNITT-CONACYT-SAGARPA: 2012-04-190442 "Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México").

LITERATURA CITADA

Andrade F.H., Sadras V.O., Vega C.R.C., and Echarte L. 2005. Physiological Determinants of Crop Growth and Yield in Maize, Sunflower and Soybean. *Journal of Crop Improvement* 14:51-101.

Asprelli P., López A. Fernando S. y Cointry L. 2005 Caracteres agronómicos en el cultivo de espárrago de diferentes edades y manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(1): 47-52.

Castillo M.R., y Engleman E.M. 1993. Caracterización de dos tipos de *Vanilla planifolia*. *Acta Botánica* 25: 49-59.

Coro A.M. 2009. La crisis de los polinizadores. *CONABIO. Biodiversitas* 85:1-5.

Divakaran M., y K.N. Babu. 2009. Micropropagation and *in vitro* conservation of Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). En: S.M. Jain, y P.K. Saxena, editores, *Protocols for in vitro cultures and secondary metabolite analysis of aromatic and medicinal plants*. Humana Press, Totowa, NJ, US. p. 129-138.

Gobierno del Estado de Veracruz. 2008. Cuarto Informe de Gobierno. Anexo Estadístico. Editora de Gobierno del Estado de Veracruz Ignacio de la Llave. Emiliano Zapata, Veracruz. 352 p. En: http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=213,4417594&dad=portal&schema=PORTAL

Hernández-Hernández J., Lubinsky P. 2011. Cultivation Systems. En: Odoux E., Grisoni M (Eds.). *Vanilla. Medical and Aromatic Plants-Industrial Profiles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 75-95.

Herrera-Cabrera B.E., Salazar-Rojas V.M., Delgado-Alvarado A., Campos-Contreras J., Cervantes-Vargas J. 2012. Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan Region, Mexico. *European Journal of Environmental Sciences* 2:37-44.



Figura 3. Frutos de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México.

Maturano M. 2002. Estudio del uso del agua y del nitrógeno dentro del marco de una agricultura sostenible en las regiones maiceras Castellano-Manchega y Argentina. Castilla-La Mancha University, Spain.

Menon Priya P., Kuruwila K.M. and Madhusoodanan K.J. 2002. Yield prediction in Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) from Indian Cardamom Research Institute. *Proceedings of placosym*. 414-415 pp.

Ning Y., Liu W., & Wang G. L. (2017). Balancing Immunity and Yield in Crop Plants. *Trends in plant science*.

Porras-Alfaro A., Bayman P. 2007. Mycorrhizal fungi of Vanilla: diversity, specificity and effects on seed germination and plant growth. *Mycologia* 99: 510-525.

Salazar-Rojas V.M., Herrera-Cabrera B.E., Delgado-Alvarado A., Soto Hernández M.A, Castillo-González F., Cobos-Peralta M. 2011. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59:875-887.

Santiago, J. Mendoza, M. y Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana*. 9(1): 59-65.

SAS, Institute. 1995. SAS Procedures Guide. Ver. 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A. 1643 p.

Soto-Arenas M.A. 2006. Los retos de un cultivo basado en una especie amenazada con una historia de vida compleja. En: *Memoria del Congreso Internacional de Productores de Vainilla*. Papantla, Veracruz, mayo.

Tornés O. 2008. Influencia de la uniformidad de riego sobre las variables del rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) revista electrónica Granma Ciencia. Issn 1027-975x. 2(2).