



UNIVERSIDAD DEL MAR

---

---

*Campus Puerto Escondido*

Distribución geográfica de la variabilidad morfológica  
intraespecífica de *Lycopersicon esculentum* Mill.  
(Solanaceae) en el estado de Oaxaca

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**Licenciada en Biología**

PRESENTA

**Irma Arleth Pacheco Triste**

DIRECTOR DE TESIS:

**Dr. José Luis Chávez Servia**

Puerto Escondido Mixtepec, Oaxaca, Abril de 2011.



# UNIVERSIDAD DEL MAR

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

O A X A C A

Puerto Escondido, Oaxaca, a 15 de marzo del 2011

ASUNTO: Votos aprobatorios

**Dr. José Luis Villarruel Ordaz**  
Jefe de la carrera de Biología  
Universidad del Mar, campus Puerto Escondido

Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: **“Distribución geográfica de la variabilidad morfológica intraespecífica de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) en el estado de Oaxaca”**, realizado por la pasante de Biología Irma Arleth Pacheco Triste con número de matrícula **03080018**, quién cubrió los créditos de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio

Atentamente

Dr. José Luis Chávez Servia  
Lic. Francisco Valdez Martínez  
M. en C. Rosalía Guerrero Arenas  
Dr. Erik Pablo Carrillo  
M. en C. Carlos Alberto Ruíz Jiménez

Rosalía Guerrero A.  
Ruíz Jiménez Carlos A.

c.c.p M. en C. Gerardo E. Leyte Morales. Vice-rector Académico, Universidad del Mar  
c.c.p. Ing. Ruth Cruz Ríos. Jefa del Departamento de Servicios Escolares, Universidad del Mar

## AGRADECIMIENTOS

A la Academia Mexicana de Ciencias y la Secretaría de Educación Pública, cuyo financiamiento posibilitó el primer contacto con los recursos fitogenéticos de Oaxaca.

Al CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca, por las facilidades administrativas otorgadas para concretar los enlaces institucionales requeridos para el proyecto.

Al Dr. José Luis Chávez Servia, director de la presente tesis, por sus amenas charlas llenas de conocimiento y por soportar largas ausencias durante la integración del manuscrito.

Al Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, por las facilidades otorgadas en la realización de la fase experimental del proyecto. Su amistad y confianza fueron pieza clave del proyecto. El agradecimiento es extensivo a “sus muchachos”: José, Pinacho, Fidel y Carlos, quienes apoyaron en la logística del cultivo del jitomate con sus técnicas y conocimientos agronómicos.

Al M.C Marco Antonio Vásquez Dávila por compartir su pasión por los jitomates de Oaxaca y facilitar referencias bibliográficas al respecto.

Al cuerpo de sinodales y revisores del manuscrito en la Universidad del Mar: la M.C Rosalía Guerrero Arenas, L.P.T. Francisco Valdéz Martínez, Dr. Erick Pablo Carrillo y Dr. Carlos Ruiz Jiménez, por dedicar parte de su valioso tiempo en la afanosa revisión del documento y aportar observaciones y sugerencias para enriquecerlo.

Para evitar omisiones, agradezco en general a mis familiares, amigos y ex compañeros umarinos de la tercera generación de Biología, cuyos constantes ánimos influyeron para continuar de pie en los momentos difíciles, por hacerme ver que “lo mejor, está siempre por venir”.

A la familia Martínez Ambrosio en San Jacinto Amilpas, Oaxaca, por adoptarme en su regazo durante tiempo indefinido compartiendo no solo el pan y la sal, sino también las alegrías y tristezas.

## DEDICATORIA

*A mi madre y hermanos*

...He aquí el fruto de un esfuerzo conjunto, una corresponsabilidad voluntaria para el logro de un sueño con tintes de ilusión...Hoy por hoy, un orgullo familiar que ha rebasado las carencias materiales, llenando ese vacío con dosis suficientes de tenacidad y disciplina para enfrentar las adversidades.

Las palabras resultan escasas al expresar un agradecimiento a la persona que ha estado siempre presente para aplaudir mis logros y apaciguar el amargo sabor de los fracasos: mi madre, un verdadero ejemplo de fortaleza y valentía.

Deseo agradecer a mis hermanos su apoyo moral y económico en todo momento, sus constantes consejos, los ánimos infundidos y ese orgullo hacia mi persona que, sin querer, se ha convertido en el principal motor de superación.

...Un pequeño tributo a tanto amor y sacrificio.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III. HIPÓTESIS</b>	<b>3</b>
<b>IV. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
4.1 Importancia económica del jitomate	4
4.2 Descripción botánica y taxonómica del jitomate	7
4.3 Origen y domesticación	10
4.4 Acervos genéticos de jitomate nativo mexicano	11
4.5 Estrategia general de descripción y clasificación de la variación fenotípica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	13
4.6 Variación ecológica–geográfica y su relación con la diversidad genética	15
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>18</b>
5.1 Recolecta de <i>Lycopersicon</i> en Oaxaca	18
5.2 Caracterización morfológica en invernadero	19
5.3 Descripción geográfica-ecológica de los sitios de colecta	25
5.4 Análisis estadístico	26
<b>VI. RESULTADOS</b>	<b>28</b>
6.1 Variación morfológica estimada mediante el índice de Shannon-Wiener	28
6.2 Descripción y clasificación de la variación morfológica	30
6.3 Descripción y clasificación de la variación ecológica	33
6.4 Influencia de la heterogeneidad ambiental en la variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	36

<b>VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	45
7.1 Aseveraciones en el análisis de las expresiones fenotípicas	45
7.2 Variación en las expresiones fenotípicas	46
7.3 Variación en las características ecológicas de los sitios de colecta	50
7.4 Relación entre variación ecológica y variación morfológica de jitomates silvestres y domesticados	51
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	54
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA CITADA</b>	55
<b>X. ANEXOS</b>	68

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Superficie sembrada, cosechada y valor de la producción de jitomate a nivel nacional (INEGI, 2009).	5
2	Superficie sembrada, cosechada y valor de la producción de jitomate a nivel estatal (INEGI, 2009).	5
3	Nomenclatura de parientes silvestres del jitomate cultivado (Peralta y Spooner, 2007).	9
4	Variables cualitativas y cuantitativas utilizadas en la caracterización de <i>Lycopersicon</i> spp. (IPGRI, 1996).	14
5	Variables y escalas utilizadas en la caracterización de las colectas de <i>Lycopersicon</i> del estado de Oaxaca (IPGRI, 1996).	21
6	Valores absolutos del índice Shannon-Wiener y su valor estandarizado por el valor máximo en 27 variables morfológicas.	29
7	Vectores y valores propios del análisis de correspondencia con variables morfológicas.	30
8	Modas de 14 variables cualitativas en cada grupo morfológico (n= número de colectas).	32
9	Vectores y valores propios del análisis de correspondencia con variables ecológicas.	33
10	Intervalos y valores descriptivos de los grupos ecológicos (n=número de lugares de origen de las muestras).	35
11	Resultados del análisis de correlación canónica entre variables morfológicas y ecológicas.	36
12	Estructura de las correlaciones en las tres funciones canónicas estadísticamente significativas del análisis de correlación canónica.	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Localización de los sitios de colecta de germoplasma de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en el estado de Oaxaca.	18
2	Criterios utilizados para la caracterización de la variable tamaño de flor: 1, pequeña; 2, mediana; 3, grande.	22
3	Criterios utilizados para la caracterización de la variable tipo de hoja: 1, Enana; 2, Tipo de hoja de papa; 3, Estándar a y b; 4, Peruvianum; 5, Pimpinellifolium; 6, Hirsutum; 7, Corneliomulleri. Modificado de IPGRI (1996).	22
4	Criterios utilizados para la caracterización de la variable rayas verdes en fruto: 0, Ausente (madurez uniforme); 1, Presente (parte superior del cáliz se mantiene verde mientras que la zona del pistilo es roja).	23
5	Criterios utilizados para la caracterización de la variable forma predominante de fruto: 1, Achatado; 2, Ligeramente achatado; 3, Redondeado; 4, Redondo-alargado; 5, Cordiforme; 6, Cilíndrico; 7, Piriforme; 8, Elipsoide; 9, Oblongo-base cuadrada; 10, Trapezoide. Modificado de IPGRI (1996).	23
6	Criterios utilizados para la caracterización de la variable forma del hombro del fruto: 1, Aplanada; 2, Moderadamente hundida. Tomado de IPGRI (1996).	24
7	Criterios utilizados para la caracterización de la variable forma del corte transversal del fruto: 1, Redonda; 2, Angular; 3, Irregular. Tomado de IPGRI (1996).	24
8	Criterios utilizados para la caracterización de la variable forma de la cicatriz del pistilo: 1, Punteado; 2, Estrellado; 3, Lineal; 4, Irregular. Tomado de IPGRI (1996).	24
9	Criterios utilizados para la caracterización de la variable forma del terminal de la floración del fruto: 1, Indentada; 2, Aplanada; 3, Puntiguda. Tomado de IPGRI (1996).	25
10	Criterios utilizados para la caracterización de la variable color de la piel del fruto maduro: 1, Incolora; 2, Amarilla.	25
11	Dendograma de agrupamiento jerárquico, con base en 14 variables cualitativas: [ ] = número de colectas por grupo, y ( ) = distancias euclidianas de unión de grupos.	31
12	Dendograma de los grupos ecológicos basado en nueve variables ecológicas: [ ] = número de lugares de origen por grupo y ( ) = distancias euclidianas de unión de grupos.	34

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
13	Distribución de variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en función de la altura sobre el nivel del mar.	38
14	Distribución de variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en función de los tipos de suelo.	39
15	Distribución de variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en función de la humedad del suelo.	40
16	Distribución de variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en función de la temperatura mínima promedio.	41
17	Distribución de variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en función de los tipos de vegetación.	42
18	Distribución de variación morfológica de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en función de la precipitación total anual.	43
19	Dispersión de la distribución de colectas en función del primer par de variables canónicas que relacionan la distribución de la variabilidad morfológica y diversidad ecológica.	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1A	Relación de sitios de origen de las colectas de jitomate en Oaxaca.	68
2A	Claves y escalas utilizadas para la caracterización ecológica de los sitios de colecta de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. en Oaxaca.	70
3A	Caracterización ecológica de los sitios de origen de las colectas en Oaxaca.	73
4A	Frecuencias de las 27 variables morfológicas en las colectas de jitomate nativo y silvestre en Oaxaca, utilizadas en la estimación de diversidad mediante el índice Shannon–Wiener.	75

## RESUMEN

Con los objetivos de caracterizar la variabilidad fenotípica del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el estado de Oaxaca y determinar posibles patrones de distribución geográfica de esa variabilidad, se recolectaron 104 muestras poblacionales de jitomate silvestre y cultivado nativo en el estado de Oaxaca, y se caracterizaron bajo invernadero en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Para la caracterización se utilizaron los caracteres, criterios y estándares establecidos para *Lycopersicon* spp. por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Previamente, durante y posterior a la visita de los sitios de colecta, se realizó la descripción ambiental de las localidades o parajes donde se ubicaron a las muestras, mediante datos georeferenciales tomados directamente y con apoyo de las cartas de vegetación, suelo, temperatura, clima, evapotranspiración, entre otras, obtenidas de INEGI y CONABIO.

Se adaptó el índice de Shannon-Wiener para estimar la diversidad morfológica de las muestras con base en escalas ordinales y cualitativas de evaluación de la variabilidad. Se realizó un análisis de correspondencia para determinar las variables con mayor valor descriptivo y a partir de ello, se realizó un análisis de conglomerados de agrupación jerárquica para generar un dendrograma con las distancias euclidianas. Se repitió, de manera homóloga, el mismo procedimiento estadístico para describir y clasificar, en términos ecológicos, los sitios de origen de las colectas. Finalmente, se realizó un análisis de correlación canónica para probar la hipótesis de independencia o asociación entre la variabilidad de grupos morfológicos y grupos ecológicos.

De acuerdo con el índice de Shannon-Wiener (H) las variables que presentaron menor variación fueron: posición de hoja (H = 0.25), tipo de crecimiento (H = 0.30) y tamaño de planta (H = 0.30); mientras que las de mayor variabilidad correspondieron: forma predominante de fruto (H=1.39), tipo de hoja (H = 1.35) y tamaño de fruto (H = 1.12).

El análisis de correspondencia reveló que las variables morfológicas con mayor valor descriptivo fueron: tipo de ramificación, densidad de follaje, forma y tamaño del fruto, forma terminal del fruto, color del epicarpio y forma de la semilla. Asimismo, las variables ambientales con mayor valor descriptivo fueron: altitud, tipo de vegetación, tipo de suelo, temperatura y precipitación anual. Los análisis de conglomerados permitieron la diferenciación de 10 grupos morfológicos y seis grupos ecológicos estadísticamente diferentes.

Con base en el análisis de correlación canónica, se determinó que los grupos de variación morfológica presentan una correlación significativa con los patrones de variación ecológica hasta la tercer función canónica ( $R^2 > 0.401$ ;  $P < 0.005$ ). Así, la variabilidad morfológica evaluada en jitomate presentó una relación directa con la variación ecológica de los sitios de origen de la colecta.

**Palabras clave:** Oaxaca, distribución geográfica, variabilidad fenotípica, índice de Shannon-Wiener, *Lycopersicon esculentum* Mill.

## ABSTRACT

In order to characterize the phenotypic variability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in the state of Oaxaca and to identify possible patterns of geographic distribution of this variability, were collected 104 samples populations of wild and native cultivated tomato in the state of Oaxaca and later characterized under greenhouse at Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. The characters, criteria and standards established for *Lycopersicon spp.* by the International Plant Genetic Resources Institute were used to characterize the samples. Before, during and after visit the collection sites, we make the environmental description of the localities or places where the samples were located by georeferenced data taken directly and with support from the layers of climate, vegetation, soil, temperature, weather, evapotranspiration, precipitation and temperature, among others, obtained of INEGI and CONABIO.

It was adapted the Shannon-Wiener index to estimate the morphological diversity of samples based on the ordinal scale and qualitative for assessment of variability.

A correspondence analysis was practiced to morphological data to identify variables more descriptive and from this, a cluster analysis was performed to generate a hierarchical clustering dendrogram with Euclidean distances. In similar way, the same statistical procedure was done to describe and classify, in ecological terms, the collection sites.

Finally, a canonical correlation analysis was performed to test the hypothesis of independence or association between the variability of morphological and ecological groups.

According to the Shannon-Wiener index (H) the variables with less variation were: leaf position (H = 0.25), growth rate (H = 0.30) and plant size (H = 0.30), whereas variables with most variation were: predominant form of fruit (H = 1.39), leaf type (H = 1.35) and fruit size (H = 1.12).

Correspondence analysis revealed that the morphological variables more descriptive value were: type of branching, density of foliage, shape and size of the fruit, shape end of fruit, epicarp, color and seed shape. Also, environmental variables more descriptive value were: altitude, vegetation type, soil type, temperature and annual precipitation. The cluster analysis allowed differentiate 10 morphological groups and six ecological groups statistically different.

Based on canonical correlation analysis, was determined that groups of morphological variation has a significant correlation with the patterns of ecological variation, until the third canonical function ( $R^2 > 0.401$ ;  $P < 0,005$ ). Thus, the morphological variability evaluated in tomato showed a direct relationship with ecological variation of collect sites.

**Key words:** Oaxaca, geographic distribution, phenotypic variability, Shannon-Wiener index, *Lycopersicon esculentum* Mill.