

# OUTBREAK OF *CANDIDATUS LIBERIBACTER SOLANACEARUM* IN DRIED CHILE PEPPER IN DURANGO, MEXICO

Brote de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en chile para secado en Durango, México

R. Velásquez-Valle<sup>1</sup>, L. R. Reveles-Torres<sup>1</sup>, J. Mena-Covarrubias<sup>1</sup>,  
S. Salas-Muñoz<sup>1</sup>, and J. A. Mauricio-Castillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, CP 98500, México.

<sup>2</sup>Unidad Académica de Agronomía – Universidad Autónoma de Zacatecas.

## SUMMARY

From the beginning of the 2014 crop season several commercial pepper fields in Poanas, Dgo., began to show plants with virus-like symptoms; by June, 2014, some of them were mechanically destroyed because the epidemic severity. Affected plants showed stunting with yellowish, curling up, deformation on leaves. Pods were small and deformed. Presence of vectors such as *Bactericera cockerelli* (Sulc.), *Circulifer tenellus* Baker, and *Bemisia tabaci* Genn. was confirmed in and around of sampled fields. Tissue samples from plants showing symptoms of the diseases were taken to be tested against *Beet mild curly top virus* (BMCTV), Begomoviruses, phytoplasma, and *Candidatus Liberibacter solanacearum*. All the analyzed samples were negative to BMCTV and only 6% were positive to phytoplasma presence; Begomoviruses were detected in 16.9% of the samples. 24 samples resulted positive to *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

**Key words:** Symptoms, incidence, severity, Mirasol.

## RESUMEN

Al inicio de la temporada de cultivo 2014 algunas parcelas comerciales de chile para secado en Poanas, Dgo., principiaron a mostrar plantas con síntomas aparentemente virales; para junio, 2014 algunas de esas parcelas habían sido mecánicamente destruidas debido a la severidad de la epidemia. Las plantas afectadas mostraban enanismo, amarillamiento, “enchinamiento” y deformación de hojas. Los frutos eran pequeños y deformes. La presencia de vectores como *Bactericera cockerelli*, *Circulifer tenellus* Baker y *Bemisia tabaci* Genn. fue confirmada dentro y alrededor de las parcelas muestreadas. Muestras de tejido de plantas que mostraban los síntomas de la enfermedad fueron colectados para ser probados contra *Beet mild curly top*

*virus* (BMCTV), Begomovirus, fitoplasmas y *Candidatus Liberibacter solanacearum*. Todas las muestras analizadas fueron negativas a BMCTV y solamente 6% fueron positivas a fitoplasmas; Begomovirus fueron detectados en 16.9% de las muestras. 24 muestras resultaron positivas a *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

**Palabras clave:** Síntomas, incidencia, severidad, Mirasol.

## INTRODUCTION

Dried chile pepper (*Capsicum annum* L.) is an important crop in the north center region of Mexico where the state of Durango is located. Pepper plants in this area are infected by common diseases such as Phytophthora wilt (*Phytophthora capsici* L.), bacterial spot (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) and powdery mildew (*Oidiopsis* spp.). However, since the beginning of the 2014 crop season plants in commercial chile pepper (Mirasol type) fields in the Poanas municipality of Durango, began to show symptoms that resembled those provoked by a severe viral infection such as stunting, mosaic and deformed growth tips. By June, 2014, only 45 – 60 days after transplant, several pepper fields were mechanically destroyed because the epidemic severity. Yield in affected commercial pepper fields was believed to be so low that harvest would not be economically feasible. Although the symptomatology has been observed in previous crop seasons, the incidence and severity peaked during the current crop season. Farmers sprayed their pepper fields with a wide range of insecticides to control the spread of epidemic with poor results. Failure of the control measures may be explained by the lack of knowledge of the disease, its causal agent (s), potential vectors and weather factors involved in the epidemic. In the other hand, the more important growing area of dried pepper in Mexico is found in the state of Zacatecas situated less than 100 km from the “hot” region in the Poanas muni-

ceptibility, consequently, the risk of a major outbreak is latent. The aim of this work was a) to describe the symptoms associated to the disease, and b) to identify the pathogens in diseased pepper plants as well as to confirm the presence of potential vectors in this region.

## MATERIALS AND METHODS

Surveys were carried out during June – August, 2014, in commercial pepper fields to collect diseased plants and to confirm the presence of potential insect vectors within and around pepper fields, such as leafhoppers, psyllids and white fly, an entomological net was used. To describe the associated symptomatology, three damage categories (initial, mild and severe damage) were set up. In a limited number of pepper fields the disease incidence as well as disease severity in individual plants were recorded.

Tissue samples from plants showing symptoms of the diseases were taken to be tested against *Beet mild curly top virus* (BMCTV), Begomoviruses, phytoplasma, and CLS using molecular techniques.

Total DNA was isolated from 100 mg of leaf plant samples with symptoms using the method described by Dellaporta *et al.* (1983). DNA pellets were dissolved in 50  $\mu$ L of Tris-EDTA buffer (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8.0) with 0.5  $\mu$ L of RNaseA (10 mg/ml) and incubated in a water bath at 37°C for 30 min. DNA was resuspended in 100  $\mu$ L of TE buffer (0.01 mM Tris-EDTA, pH 8.0) and 100  $\mu$ L of 100 % ethanol and was stored at -20 °C for subsequent use.

To detect BMCTV by PCR following oligonucleotides were used: BMCTV CP4f (5'-CAG TAT CGA CCA GTT GTT T-3') and BMCTV CP6r (5'-CTC TTC GAA TAC GAT AAG TAG-3') (Creamer *et al.*, 2005), which are used to amplify a portion of the gene that encodes the protein of the capsid virus. For the reaction, 5-10 ng of the mold and 20  $\mu$ L of a reaction consisting of 0.250  $\mu$ M of each primer, 3 units of Taq DNA polymerase (Promega, Madison, USA), 250  $\mu$ M dNTPs, 2  $\mu$ L of the buffer for Taq 10X (15 mM Mg<sub>2</sub>Cl, 2 100 mM Tris-HCl (pH 9), 500 mM KCl, 1.1 % gelatin) and 3 mM MgCl were used. PCR reaction consisted of: 35 consistent cycles at 94 °C during 30 sec, 59 °C during 60 sec and 72 °C during 90 sec and a final extension of 72 °C during 5 min.

While for the diagnosis curtovirus identification the primers combination RepQEW-for/CP450-rev (Velásquez-Valle *et al.*, 2012a) was used, the composition of the reaction mixture for PCR was the same and it was consisting of: Taq DNA polymerase 1X buffer, 1.5 mM Mg<sub>2</sub>Cl, 0.2 mM dNTPs, 2 oligonucleotides 2 1M, Taq polymerase 2.5 UT, 1g DNA. The conditions for viral DNA amplification were: initial denaturation at 94°C/2 min and 35 cycles consisting of an initial temperature of 94°C/1 min, an temperature of alignment 55°C/1 min, an extension of 72°C/1min, and a final extension of 72°C/5 min. The amplification BMCTV and Curtovirus products, were separated on 2 %

agarose gels, stained with ethidium bromide and visualized by ultraviolet light on a SIGMA T1201 instrument.

The phytoplasma were detected by amplifying the 16S rRNA gene. The oligonucleotides used for direct PCR were P1 5'-AA-GAGTTTGATCCTGGCTCAGGATT -3' and Tint 5'-TCAGGCG-TGTGCTCTAACCAGC-3' (Smart *et al.*, 1996) and for nested PCR were R16F2n 5'-GAAACGACTGCTAAGACTGG-3' and R16R2 5'-TGACGGGCGGTGTGTACAAACCCCG-3' (Gundersen y Lee, 1996). Regarding the reaction mixture for the nested PCR it was utilized 1  $\mu$ L of the direct PCR and to a final volume of 25  $\mu$ L. PCR was done using a programmable thermocycler (Applied Biosystems) with 35 cycles of denaturation at 94 °C for 1 min (95 °C, 3 min for first cycle), annealing at 56 °C for 1 min and extension at 72 °C for 2 min (5 min for the final cycle). The PCR products obtained were reamplified with 35 cycles of denaturation at 94 °C for 1 min (3 min for first cycle), annealing at 55 °C for 2 min and extension at 72 °C for 2 min, and a final extension step of 72 °C for 5 min. PCR products were analyzed by electrophoresis in a 1% agarose gel and visualized by staining with ethidium bromide and UV illumination. DNA samples extracted from dry chili pepper tissues were used as template for PCR. Sterile water was used as negative controls.

For detection of *Candidatus Liberibacter solanacearum*-specific primers were used: OA2 / Oi2c (5'-GCGCTTATTTTAAATAGGAGCGGCA -3' / 5'-GCCT CGCGACTTCGCAACCCAT-3 '), which were designed from the 16S rDNA region and to amplify a fragment of 1178 pb (Liefting *et al.*, 2008; Liefting *et al.*, 2009). PCR was performed according to Jagoueix *et al.* (1996) with 35 cycles each at 92°C for 40 s, and 72°C for 90 s (annealing and primer extension at same temperature).

## RESULTS AND DISCUSSION

Diseased pepper plants collected in Poanas, Dgo., expressed a wide range of symptoms although three disease development stages were distinguished; during the initial phase infected plants began to show an intense yellow discoloration in the leaf base that was frequently covering more than 50% of the leaf surface; the growing tip above those yellow leaves showed severe chlorosis and mild rolling up leaves. Frequently these symptoms were only seen in youngest portion of the plant. Pepper plants in a mild disease stage showed symptoms involving the whole plant, such as general interveinal chlorosis, leaf blistering and mild rolling up leaves. In the third stage of the disease infected plants were stunted, the leaves were size-reduced, completely deformed and chlorotic. Pods below the presumably point of infection did not show symptoms and most of them had commercial quality, however, pods situated above of the presumably point of infection were small and severely misshaped with no commercial value (Figure 1). Some of those plants also showed yellow elongated and crispy leaves characteristic of curtovirus infection (Velásquez *et al.*, 2008). Even plants in the third stage of the disease continued to bloom, however, the resultant pods did not develop. Disease incidence in commercial fields ranged

from 7.8 to 66.9%. The percentage of symptomatic plants with pods was 94.4 and 66.7% for the fields 1 and 2 respectively, however, it should be noticed that most of the pods located above of the point of infection would be small and deformed, with no commercial value (Figure 2). Preliminary damage evaluation revealed that the number of pods and its weight among symptomatic plants and fields is highly variable: the number of pods /plant in the field 1 ranged from 1 to 21 [mean: 5.6; Stan-

dard deviation (SD): 5.3] while in the field 2 varied from 1 to 11 (mean: 4.2; SD: 2.9). The fresh weight of pods/plant in the field 1 ranged from 1 to 82 g (mean: 23.3 g; SD: 26.2) while in the field 2 varied from 1 to 39 g (mean: 9.3 g; SD: 13.8). High values of SD show that the variability in the pod number and weight among infected plants and fields may be due to the infection time; plants infected at the very beginning of the season would be more damaged.



Figure 1. Pepper plant showing CLS infection symptoms.



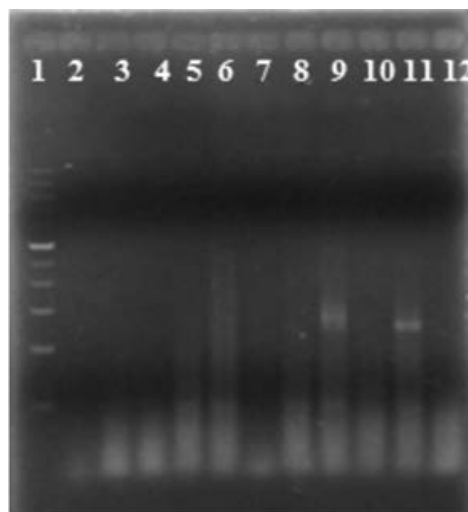
Figure 2. Pods of pepper showing deformation associated to CLS infection.

Presence of RNA viruses was not tested since Camacho-Tapia *et al.* (2011) reported negative results for those pathogens in pepper plants showing similar symptomatology in Yurecuaro, Michoacán. Although the incidence of curtoviruses in the neighbor states of Chihuahua and Zacatecas (Robles-Hernández *et al.*, 2011; Velásquez-Valle *et al.*, 2008) has already been mentioned and in spite of the occurrence of typical symptoms, the presence of BMCTV was not detected in none of the samples; phytoplasma infection was positive (visualized as a band around 1200 pb) in only 6% of the analyzed samples (Figure 3), while the presence of begomoviruses was found in 16.9% of the samples (visualized as a band around 600 pb) (Figure 4). In the other hand, 24 pepper samples resulted positives to *Candidatus Liberibacter solanacearum* (visualized as a band around 1168 pb) (CLS) (Figure 5). CLS is a non-culturable, rod-shaped, Gram negative bacteria that inhabits the phloem tissue; its transmission occurs by grafting and psyllid insect vectors; potato, tomato, pepper and other solanaceous plants are among its more economically important hosts (Liefing *et al.*, 2009). CLS co-occurs with *B. cockerelli* in Canada, USA, México, Guatemala, and Honduras, however, it may also be found in absence of the psyllid as occurs in carrot in Finland (Thomas *et al.*, 2011). The occurrence of this bacteria and its vectors in potato fields from several Mexican states has previously been registered (Almeyda-León *et al.*, 2008; Rubio *et al.*, 2006) as well as the CLS-infection of Bell pepper plants in the states of Sinaloa and Michoacán (Munyanza *et al.*, 2009; Camacho-Tapia *et al.*, 2011), these plants exhibited similar symptoms to those shown by the pepper plants in Durango. Mixed infections are a common phenomenon in dried pepper in the north center of Mexico, involving RNA viruses, begomoviruses, curtoviruses (Revels-Torres *et al.*, 2012; Velásquez-Valle *et al.*, 2012c), therefore, it is possible for future researches, to find more than one pathogen infecting plants with the symptomatology above described.

The presence of virus, bacteria, and phytoplasma vectors such as *Bactericera cockerelli* (Sulc), *Circulifer tenellus* Baker, and *Bemisia tabaci* Genn. was confirmed in and around of sampled fields. Remarkably, the three vectors were caught within the pepper field in the same sampling date; this could indicate that pepper plants may be reinfected several times during the crop season and that late transplants could not escape to the infection because a high vector population; besides, the presence of the vectors also may reflect the failure of the chemical control. The psyllid *B. cockerelli* has been mentioned as a vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLS) (Buchman *et al.*, 2011) while the leafhopper *C. tenellus* and the white fly *B. tabaci* have been recognized as curtovirus and begomovirus vectors respectively (Trejo-Saavedra *et al.*, 2013; Munyanza y Upton, 2005). *C. tenellus* has previously been reported in the dry pepper production area of Zacatecas (Velásquez-Valle *et al.*, 2012b), near to the Durango's pepper production region.

Although *B. cockerelli* populations are endemic in the pepper fields in the north center region of Mexico, there is no reports about a severe CLS outbreak in this pepper growing area of México. The occurrence of both, pathogen and vector in this area may lead to more destructive outbreaks in a susceptible host like *C. annum* Mirasol type. Durango's pepper farmers expressed that the seed used in Poanas came from the state of Zacatecas, consequently, the pepper germplasm in Zacatecas may be susceptible to CLS.

To our knowledge this is the first report of *Candidatus Liberibacter solanacearum* infecting dried chile pepper plants in the north center of Mexico. To continue with Koch's postulates is strongly recommended to confirm CLS as the causal agent of the observed symptomatology.



**Figure 3. Gel electrophoresis of Phytoplasma products from nested PCR performed on DNA extracted from dried pepper samples using the primers pairs P1/Tint and R16F2n/R16R2. Line 1, 1 kb plus DNA ladder (Invitrogen Life Technologies); line 9 positive dried pepper samples; line 11, positive control and line 12 negative control (sterile water).**



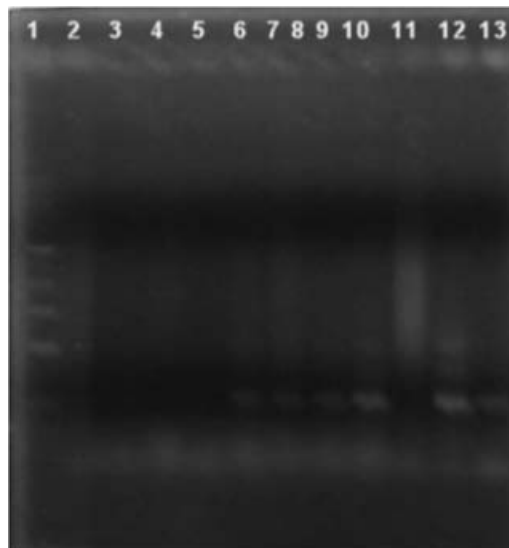


Figure 4. Gel electrophoresis of begomoviruses products on DNA extracted from dried pepper samples using the primers pairs CP4f and CP6r. Line 1, 1 kb plus DNA ladder (Invitrogen Life Technologies); lines 6,7,8 y 9 positive dried pepper samples; line 11 negative control (sterile water) , lines 12 and 13, positive controls.



Figure 5. Gel electrophoresis of *Candidatus Liberibacter solanacearum* products on DNA extracted from dried pepper samples using the primers pairs OA2 and Oi2c.

## CONCLUSIONS

Pepper plants showing symptoms like stunting, chlorotic, deformed leaves, and small, misshaped pods were infected with *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

Other pathogens like as phytoplasma and begomoviruses were detected in symptomatic pepper plants, although its low incidence may discard them as causal agents of the disease.

Presence of *Bactericera cockerelli* (Sulc.) vector of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in the region of Poanas, Dgo., may facilitate new outbreaks of the disease.

## LITERATURE CITED

- Almeyda-León, I.; Sánchez-Salas, J.; Garzón-Tiznado, J. 2008. Vectores causantes de punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León, México. *Agricultura Técnica en México* 34:141-150.
- Buchman, J. L.; Sengoda, V. J.; Munyaneza, J. E. 2011. Vector transmission efficiency of liberibacter by *Bactericera cockerelli* (Hemiptera:Triozidae) in zebra chip potato disease: Effects of psyllid life stage and inoculation access period. *Journal of Economic Entomology* 104:1486-1495.
- Creamer, R.; Hubble, H.; Lewis, A. 2005. Curtovirus infection of chile pepper in New Mexico. *Plant Disease*. 89:480-486.

- Camacho-Tapia, M.; Rojas-Martínez, R. I.; Zavaleta-Mejía, E.; Hernández-Deheza, M. G.; Carrillo-Salazar, J. A.; Rebollar-Alviter, A.; Ochoa-Martínez, D. L. 2011. Etiology of chili pepper variegation from Yurécuaro, Mexico. *Journal of Plant Pathology* 93:331-335.
- Dellaporta, S. L.; Wood, J.; Hicks, J. B. 1983. A plant DNA mini-preparation: version II. *Plant Molecular Biology Reporter* 1:19-21.
- Gundersen, D.; Lee, I. 1996. Ultrasensitive detection of phytoplasmas by nested-PCR assays using two universal primer pairs. *Phytopathologia Mediterranea* 35:144-151.
- Jagoueix, S.; Bové, J. M.; Garnier, M. 1996. PCR detection of the two 'Candidatus' liberobacter species associated with greening disease of citrus. *Mol Cell Probes* 10:43-50.
- Liefting, L.; Perez-Egusquiza, Z.; Clover, G.; Anderson, J. 2008. A new 'Candidatus Liberibacter' species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease* 92:1474.
- Liefting, L. W.; Weir, B. S.; Pennycook, S. R.; Clover G. R. 2009. 'Candidatus Liberibacter solanacearum', associated with plants in the family Solanaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 59:2274-2276.
- Munyaneza, J. E.; Upton, J. E. 2005. Beet leafhopper (Hemiptera:Cicadellidae) settling behavior, survival, and reproduction on selected host plants. *Journal of Economic Entomology* 98:1824-1830.
- Munyaneza, J. E.; Sengoda, V. G.; Crosslin, J. M.; Garzón-Tiznado, J. A.; Cardenas-Valenzuela, O. G. 2009. First report of "Candidatus Liberibacter solanacearum" in pepper plants in Mexico. *Plant Disease* 93:1076.
- Reveles, T. L. R.; Velásquez, V. R.; Mauricio, C. J. A.; Salas, M. S. 2012. Detección de infecciones mixtas causadas por begomovirus y curtovirus en plantas de chile para secado en San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30:155-160.
- Robles-Hernández, L.; González-Franco, A. C.; Gill-Langarica, E. M.; Sago, C.; Nicolaeva, O. V.; Karasev, A. V. 2011. First report of *Beet severe curly top virus* in jalapeño pepper in Chihuahua, Mexico. *Plant Disease* 95:778.
- Rubio, C. O. A.; Almeyda, L. I. H.; Ireta, M. J.; Sánchez, S. J. A.; Fernández, S. R.; Borbón, S. J. T.; Díaz, H. C.; Garzón, T. J. A.; Rocha, R. R.; Cadena, H. M. A. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica en México* 32:201-211.
- Smart, C. D.; Schneider, B.; Blomquist, C. L.; Guerra, L. J.; Harrison, N. A.; Ahrens, U.; Lorenz, K. H.; Seemuller, E.; Kirkpatrick, B. C. 1996. Phytoplasma-Specific PCR Primers Based on Sequences of the 16S-23S rRNA Spacer Region. *Applied and Environmental Microbiology* 62:2988-2993.
- Thomas, K. L.; Jones, D. C.; Kumarasinghe, L. B.; Richmond, J. E.; Gill, G. S. C.; Bullians, M. C. 2011. Investigation into the entry pathway for tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *New Zealand Plant Protection* 64:259-268.
- Trejo-Saavedra, D. L.; García-Neria, M. A.; Rivera-Bustamante, R. F. 2013. Benzothiadiazole (BTH) induces resistance to *Pepper golden mosaic virus* (PepGMV) in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biol. Res.* 46:333-340.
- Velásquez-Valle, R.; Medina-Aguilar, M. M.; Creamer, R. 2008. First report of *Beet mild curly top virus* infection of chili pepper in north-central Mexico. *Plant Disease* 96:650.
- Velásquez-Valle, R.; Mena-Covarrubias, J.; Reveles-Torres, L. R.; Argüello-Astorga, G. R.; Salas-Luevano, M. A.; Mauricio-Castillo, J. A. 2012a. First report of Beet mild curly top virus in dry bean in Zacatecas, Mexico. *Plant Disease* 96:771.
- Velásquez-Valle, R.; Reveles-Torres, L. R.; Amador-Ramírez, M. D.; Medina-Aguilar, M. M.; Medina-García, G. 2012b. Presencia de *Circulifer tenellus* Baker y *Beet mild curly top virus* en maleza durante el invierno en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:813-819.
- Velásquez-Valle, R.; Reveles-Torres, L. R.; Mena-Covarrubias, J. 2012c. Incidencia y sintomatología de cinco virus en parcelas comerciales de chile seco en Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:381-390.

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE DATOS DE PRECIPITACIÓN

## Proposed Methodology for Quality Analysis of Rainfall Data

**Palmira Bueno Hurtado<sup>1</sup>, Ignacio Sánchez Cohen<sup>1</sup>, Miguel Agustín Velásquez Valle<sup>1</sup>, Gerardo Esquivel Arriaga<sup>1</sup>, Miguel Palomo-Rodríguez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>CENID-RASPA, INIFAP. Km. 6.5 margen derecha canal Sacramento, 35140  
Gómez Palacio, Durango, México. Tel. 871 1 59 01 04  
*e-mail: bueno.palmira@inifap.gob.mx*

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdés No. 1200, Matamoros Coahuila, México.

### RESUMEN

Con el objetivo de proponer un análisis de evaluación de la calidad de datos de precipitación, mediante métodos gráficos y estadísticos, se estudió la información registrada en 13 estaciones ubicadas en las subcuencas del Río Nazas – Rodeo y Arroyo de Naitcha para el periodo de 1974 a 2009. El primer análisis gráfico muestra las estaciones que presentan mayor tiempo de datos continuos, que son las estaciones “10021” del municipio de Indé y “10049” de San Pedro del Gallo, así como la estación “10155” Radar, Palmito. También, se ajustó mediante un análisis de doble curva masa la estación problema “10140” El casco, empleando un factor de corrección de 0.92, que se obtuvo de la relación entre las pendientes del patrón y datos observados de la estación. El coeficiente de correlación de Spearman detectó que no existe tendencia entre el orden en que se tomaron las observaciones y el incremento (o decremento) en magnitud de los datos de la serie. Finalmente, de 13 estaciones se consideró que solo 5 cumplen con el criterio de calidad de porcentaje de información completa, periodos sin vacíos más largos y sin tendencia en relación al orden cronológico en la toma de los datos.

**PALABRAS CLAVE:** *Curva doble masa, Coeficiente de correlación de Spearman, Análisis gráfico.*

### SUMMARY

The goal of this article was to propose the assessment of quality of rainfall data with statistical and graphic methodologies. We studied the information of 13 weather stations located in the watersheds Río Nazas –Rodeo and Arroyo Naitcha in the period of 1974 to 2009. The first graphic analysis shows the stations with the longest continuous data, which are “10021” in the town of Indé and “10049” in San Pedro del Gallo as well as “10155” in Radar, Palmito. Also we adjusted by double mass

curve technique the station “10140” El casco; the correction factor was 0.92, which was obtained from the relation between the pattern slopes and the observed data. Finally, they were detected only five stations of a total of 13 stations that accomplish with the quality criteria of percentage complete information, periods without longer data gaps and without trend related to the chronological order in data collection.

**KEY WORDS:** *Double mass curve technique, Spearman’s rank correlation coefficient, Graphic analyse.*

### INTRODUCCIÓN

El clima es por naturaleza variable, debido a que en el influyen distintos factores como el relieve, latitud, corrientes marinas, etc. (Zúñiga y Crespo, 2010) y uno de los elementos principales del sistema climático es la precipitación. Si además de considerar la variabilidad natural de la precipitación le agregamos la incertidumbre climática debido al calentamiento global (Solomon *et al.*, 2007), entonces se nos presenta una situación sobre la que debemos actuar; no tanto para reducir la incertidumbre climática sino al menos conocer esa variabilidad para poder predecir y hacer inferencia sobre la inminencia de lluvia.

Una de las limitaciones de muchos países para profundizar en el análisis de precipitación es la disponibilidad de datos climáticos de buena calidad, en particular datos de precipitación en forma de series de tiempo de larga duración (al menos de 20 años) (Guenniet *et al.*, 2008; Díaz, 2006). En México la principal entidad que realiza monitoreos climatológicos es la Comisión Nacional del Agua, manejando estaciones con información de más de 30 años, sin embargo, existen datos faltantes y/o atípicos, los cuales afectan la calidad de los datos (Merlos *et al.*, 2014; Castro y Carvajal, 2010).

Existen diversas pruebas para evaluar la calidad de información meteorológica. Las pruebas para detectar falta de homogeneidad en datos geofísicos tienen una larga historia. Algunos de los más viejos y bien conocidos son la técnica de la doble curva masa (Bruce y Clark, 1966) y distintas pruebas paramétricas (Lindgren, 1968; Alexandersson y Moberg, 1997). El método de curva doble masa se utiliza para “detectar y corregir alteraciones técnicas como cambio de operador, de localización o de las condiciones adyacentes. Verifica la consistencia del registro en una estación comparando la precipitación acumulada bien sea anual o estacional, con valores concurrentes, de precipitación media para un grupo de estaciones localizadas en los alrededores” (De la Lanza *et al.*, 2007).

En el presente estudio se tuvo como objetivo proponer un análisis de evaluación de la calidad de datos de precipitación,

mediante métodos gráficos y estadísticos que permitan el uso de la información de manera eficiente y sencilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó para las subcuencas del Río Nazas – Rodeo y Arroyo de Naitcha, que se encuentran ubicadas entre los paralelos 25° y 25° 48' Latitud Norte y los meridianos 104° y 105° Longitud Oeste (Figura 1). El área de estudio es un total de 546,018.6 hectáreas. Las estaciones a las que se les realizó el análisis de calidad fueron 13 y se enlistan en el Cuadro 1. Se realizaron dos propuestas de análisis de calidad de datos de precipitación de tipo gráfico y uno de tipo estadístico, ambos para el período del 1 de enero de 1974 al 31 de diciembre del 2009. La información se obtuvo a partir del software ERIC III (IMTA, 2009).

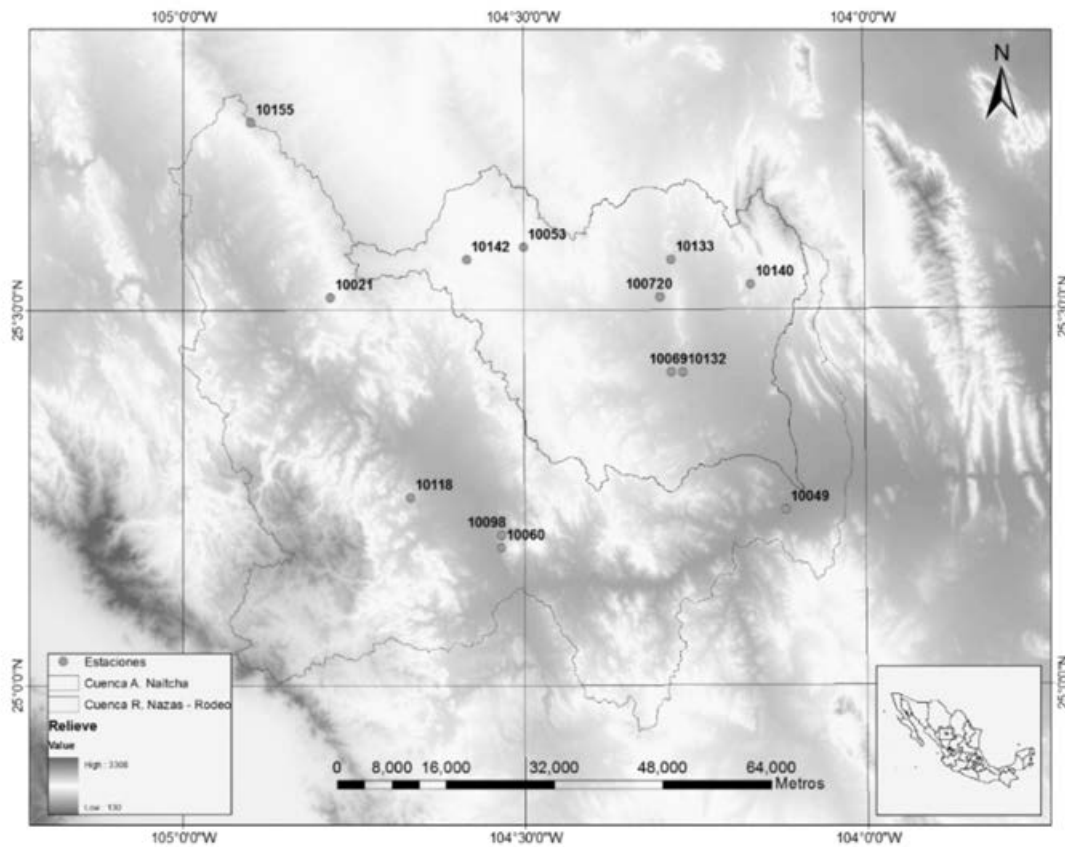


Figura 1. Localización de estaciones y área de estudio.

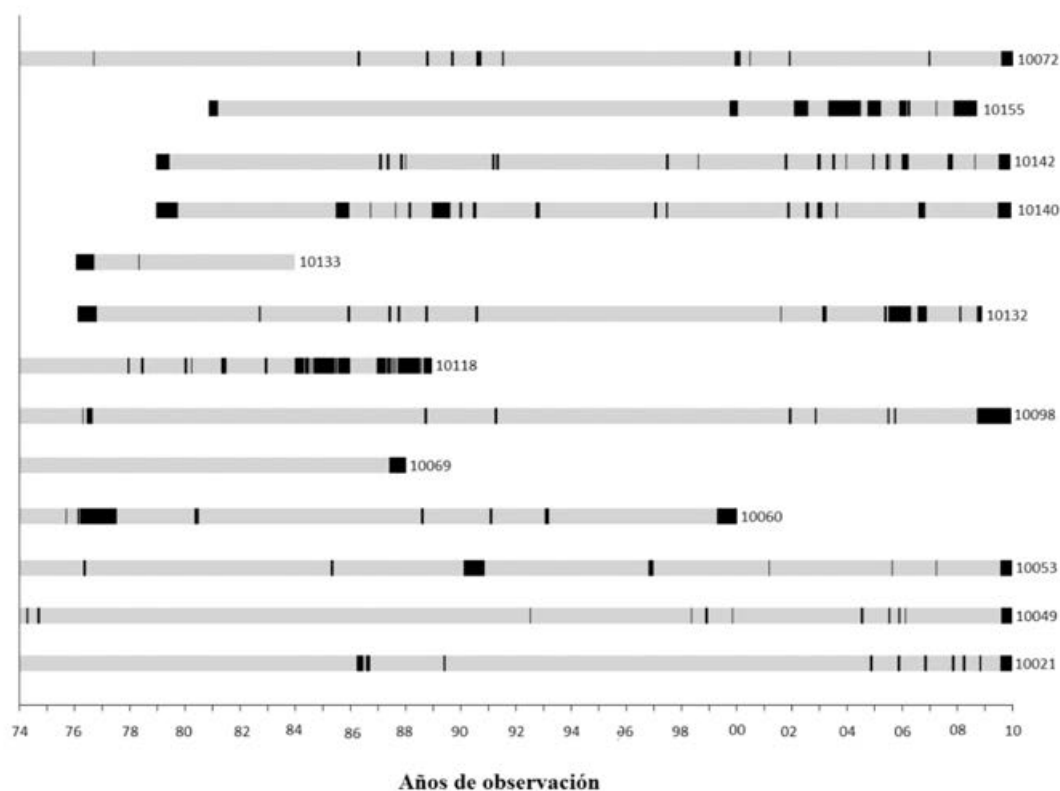


**Cuadro 1. Estaciones consideradas en el análisis de calidad de datos de precipitación.**

	Clave	Nombre	Localización			% de información completa (1974 – 2009)
			Longitud	Latitud	Altitud	
1	10021	El Palmito	-105.004	25.614	1600	96.27
2	10049	Nazas	-104.107	25.230	1300	97.51
3	10053	Peñoles	-104.523	25.651	1950	95.39
4	10060	Rodeo	-104.533	25.183	1810	65.08
5	10069	San Luis del Cordero	-104.283	25.417	1508	37.45
6	10072	San Pedro del Gallo	-104.291	25.567	1700	96.33
7	10098	Rodeo	-104.563	25.186	1450	94.36
8	10118	Abasolo	-104.667	25.25	1480	30.05
9	10132	San Luis del Cordero	-104.279	25.421	1500	83.78
10	10133	San Pedro del Gallo	-104.283	25.567		20.11
11	10140	La cadena	-104.162	25.879	1500	75.50
12	10142	El casco	-104.587	25.548	1850	79.12
13	10155	Radar Palmito	-104.900	25.750	2214	66.73

Las propuestas de tipo gráfico, se ilustran en las Figuras 2 y 3. La primera consiste en “Líneas de tiempo” que se utilizan para detectar la existencia de datos faltantes y registrados, así como la longitud temporal de los mismos (esto es de gran

ayuda para realizar estudios en donde es necesario emplear estaciones con datos que compartan el mismo periodo de estudio); la coloración gris indica existencia de datos y la negra, ausencia.



**Figura 2. Líneas de tiempo de las estaciones en estudio y detalle de registro de datos. El color negro indica ausencia de datos (8 datos seguidos faltantes es la menor escala que se puede observar en el esquema).**

El otro análisis gráfico propuesto (Figura 3) es una modificación de curvas de doble masa, que consiste en graficar las precipitaciones acumuladas de una estación problema y otra considerada patrón, que en realidad es un promedio de estaciones cercanas a la estación que se ajustará. Las estaciones patrón fueron “10072”, “10132” y “10049”, así, la estación problema fue la “10140” (ver Figura 1).

Para realizar el análisis estadístico se empleó la correlación de Spearman con el fin de comprobar que no existe tendencia en la serie, es decir que no hay correlación entre el orden en que se tomaron las observaciones y el incremento (o decre-

mento) en magnitud de los datos de la serie (Dahmen y Hall, 1990). La ecuación es la siguiente:

$$p = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)} \sum_{i=1}^n (Ri - i)^2$$

Donde  $i$  es el número de orden de la variable en orden cronológico y  $Ri$  es el número de orden de la observación de la serie cronológica original que ocupa la variable ordenada en forma ascendente o creciente.

Para verificar que no existe tendencia, el valor de  $p$  será igual a 0, de lo contrario,  $p < > 0$  si existe tendencia.

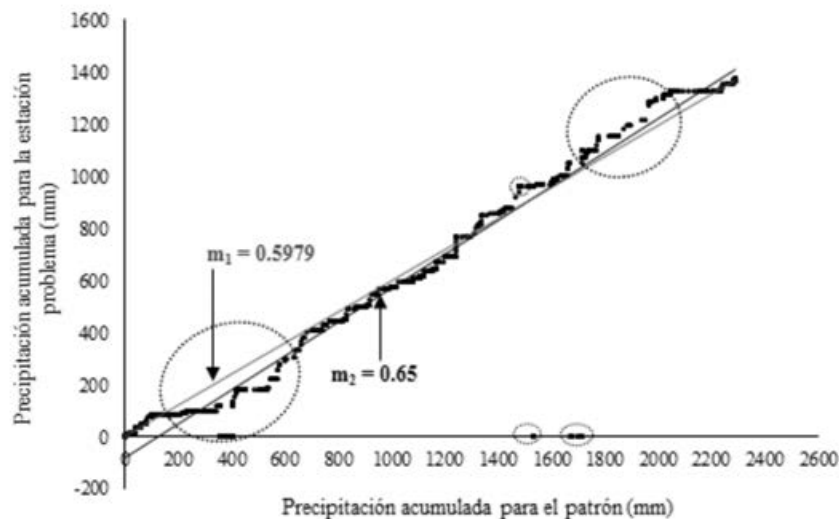


Figura 3. Curva doble masa (análisis para la estación problema 10140).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La representación gráfica de cada una de las estaciones se denomina “Línea de tiempo”, la cual nos ilustra que las estaciones con el mayor historial de información son solo cinco de un total de 13 estudiadas (para el período 1974 – 2009); dichas estaciones son las “10021”, “10049”, “10053”, “10098” y “10072”, que se ubican en los municipios de Indé, Nazas, San Pedro del Gallo, Rodeo y San Pedro del Gallo, respectivamente. Después de una revisión de los datos se tiene que los porcentajes de información completa son del 96% para la estación “10021”, 97%, para la “10049”, 95% para la “10053”, 94% para “10098” y 96% para la estación “10072” (ver Cuadro 1).

Las estaciones que presentan mayor tiempo de datos continuos son las estaciones “10021” y “10049”, con lecturas desde mediados de 1990 hasta finales del 2005 en la “10021” y desde finales de 1974 hasta mediados de 1992 en la “10049”. Cabe resaltar que, en cuanto a datos faltantes, todas las estaciones

presentan el mismo vacío en el último tercio del año 2009. Otro aspecto importante a considerar es por ejemplo, en la estación “10155” cuya información completa es del 66.7% (aparentemente de baja calidad de información), presenta el periodo más largo con existencia de datos (1981 – 2000), que pudiera ser de gran utilidad para trabajar en coincidencia temporal con las demás estaciones (ver Figura 2).

El análisis de curva de doble masa se muestra en la Figura 3, donde la precipitación acumulada varía en la cercanía con la línea patrón (azul); dichas variaciones son señaladas con círculos punteados y son los valores que se ajustaron con el factor de la relación entre la pendiente del patrón ( $m_1$ ) y la de la línea de los datos de la estación problema ( $m_2$ ) (10140) en el periodo del 1° de enero de 1992 al 30 de noviembre de 1999. El factor de corrección fue de 0.92. Así mismo, los valores de 0 se ajustaron a la línea patrón. La comparación gráfica de la estación problema ajustada y las estaciones patrón se muestra en la Figura 4.

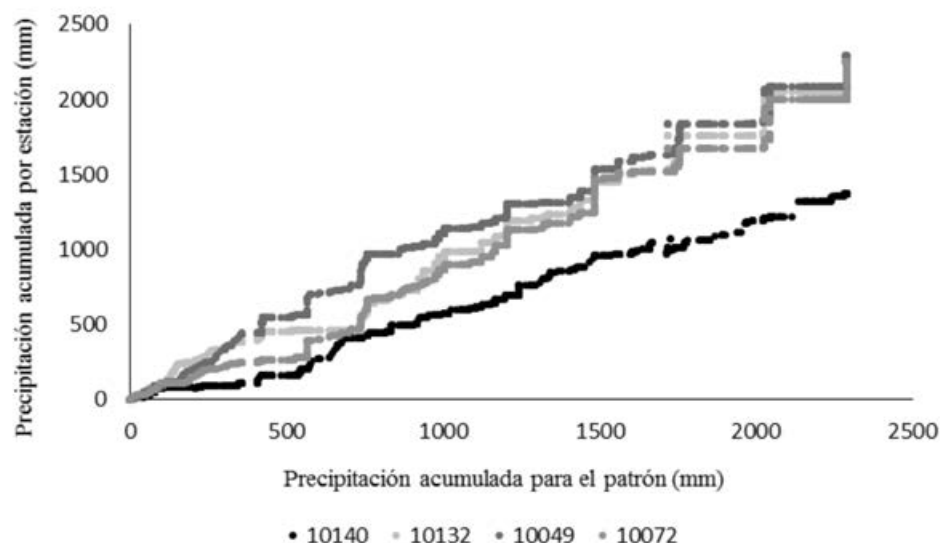


Figura 4. Curvas doble masa de la estación 10140 ajustada y su comparación con las demás estaciones.

El coeficiente de correlación de Spearman para las estaciones con mayor porcentaje de información completa (Cuadro 2) mostró que no hay correlación entre el orden en que se to-

maron las observaciones y el incremento (o decremento) en magnitud de los datos de la serie.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Spearman para las estaciones con mayor porcentaje de información completa.

Estación	Spearman	Interpretación
10021	0.006	No existe tendencia
10049	0.05	No existe tendencia
10053	0.08	No existe tendencia
10072	-0.02	No existe tendencia
10098	-0.03	No existe tendencia

## CONCLUSIONES

Se propuso un análisis de evaluación de la calidad de datos de precipitación mediante métodos gráficos y estadísticos. Respecto a los métodos gráficos, se elaboró una representación esquemática de cada una de las estaciones, la cual es útil para detectar la información completa e incompleta, así como la variabilidad temporal y comportamiento cronológico; cabe destacar, que este esquema es útil para cualquier otro tipo de información meteorológica, como temperaturas o radiación solar. El esquema es especialmente útil cuando se requieren datos de distintas estaciones pero en la misma temporada.

El análisis en general muestra tres estaciones en el área de estudio que presentan datos continuos hasta de 15 años y al menos cinco con información completa arriba del 94% (de un periodo de 35 años); asimismo, se comprueba que no existe tendencia en los datos conforme avanza cada año.

## LITERATURA CITADA

Alexandersson, H. y Moberg, A. 1997. Homogenization of swedish temperature data part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of climatology* 17:25-34.

Bruce, J. P. and Clark, R. H. 1966. *Introduction to Hydrometeorology*, Pergamon Press, Oxford, 319 pp.

Castro, M. L. y Carvajal, E. Y. 2010. Análisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas. *Revista EIDENAR*. No. 9. <http://revistaeidenar.univalle.edu.co/revista/ejemplares/9/c.html> fecha: 03/10/2014

Dahmen, E. y Hall, M. 1990. *Screening of Hydrological Data: Tests for Stationary and Relative Consistency*. International Institute for Land Reclamation and Improvement – ILRI. Wageningen, The Netherlands.

De la Lanza, E. G., Cáceres, M. C., Adama, M. S. y Hernández, P. S. 2007. *Diccionario de Hidrología y ciencias afines*. Editorial Plaza y Valdes. p 95.

Díaz, P. G. 2006. Sistema de consulta y procesamiento de información climatológica en México. Primer foro del medio ambiente atmosférico en el Estado de Veracruz Xalapa, Veracruz, 9 y 10 de febrero de 2006. [http://www.csva.gob.mx/foro\\_medioambiente/MA/pdf/ForoMA%2020%20Sistema.pdf](http://www.csva.gob.mx/foro_medioambiente/MA/pdf/ForoMA%2020%20Sistema.pdf) fecha: 29/10/2014.

- Guenni, L. Degryze, E., Alvarado, K. 2008. Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Revista Colombiana de Estadística* 31(1): 41-65.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2009. Extractor Rápido de Información Climatológica III, v. 1.0. Información climatológica disponible en formato electrónico. Jiutepec, Morelos, México.
- Lindgren, B. W. 1968. *Statistical Theory*, 2nd edn, Macmillan, London, 521 pp.
- Merlos, V. F., Sánchez, Q. S. T., Almanza, C. J. A. 2014. Creación de un sistema de información hidrológico para el cálculo de intensidades máximas y gestión de datos meteorológicos. XXIII Congreso Nacional de Hidráulica, Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, New York, USA.
- Zúñiga, L.I. y Crespo del Arco, E. 2010. *Meteorología y climatología*. Segunda edición. Librería UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España. 247 p.

**Trabajo financiado con recurso de Fundación Produce Durango A. C. del proyecto: Validación de sistemas de labranza para zonas de escaso régimen pluviométrico en el cultivo de maíz en la región de San Luis del Cordero, Dgo. así como la evaluación hidrológica de trabajos de captación de agua de lluvia en esa región.**