



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS
CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS**

**APLICACIÓN DEL DSSAT PARA ESTIMAR
RENDIMIENTOS DE MAÍZ EN LA
MIXTECA OAXAQUEÑA**

LUIS ENRIQUE GARCÍA MONTESINOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018



CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe, "**Luis Enrique García Montesinos**", Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor "**Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso**", por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**Aplicación del DSSAT para estimar rendimiento de maíz en la Mixteca Oaxaqueña**", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Texcoco, Edo. De México, a 16 de julio de 2018

Firma del
Alumno (a)

Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis



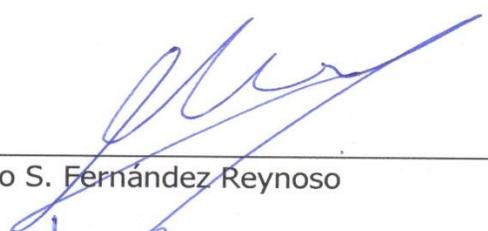
La presente tesis titulada: Aplicación del DSSAT para estimar rendimientos de maíz en la Mixteca oaxaqueña realizada por el alumno: Luis Enrique García Montesinos bajo o la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



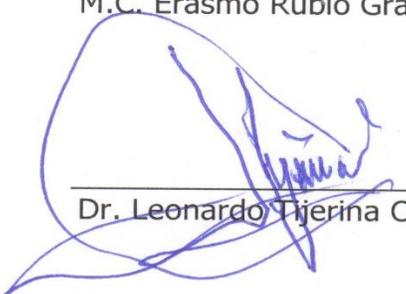
Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso

ASESOR



M.C. Erasmo Rubio Granados

ASESOR



Dr. Leonardo Tijerina Chávez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2018



APLICACIÓN DEL DSSAT PARA ESTIMAR RENDIMIENTOS DE MAÍZ EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA

Luis Enrique García Montesinos, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Los modelos de simulación aplicados en la agricultura, basados en procesos biofísicos, permiten comprender la dinámica de variables biológicas y ambientales, pero su uso implica grandes cantidades de información de suelo, clima, manejo y fenología de cultivos. En este estudio se calibraron y validaron, a través del rendimiento del grano, los coeficientes genéticos del modelo CERES-Maíz (DSSAT, versión 4.7) para plantas híbridas y nativas de maíz. El objetivo fue determinar, para la región Mixteca de Oaxaca, México, el alcance y limitaciones del modelo para estimar rendimientos. Para el proceso de calibración resultó un buen ajuste para el híbrido ($r^2 = 0.94$, RMSE = 567.11) y para el maíz nativo ($r^2 = 0.86$, RMSE = 601.58). En el proceso de validación, el maíz híbrido tuvo buena correlación ($r^2 = 0.73$, RMSE = 976.65), incluso mayor que el cultivar criollo ($r^2 = 0.62$, RMSE = 698.74). El modelo CERES subestima en promedio 10% el rendimiento de grano. Los cultivares híbridos obtuvieron un 10% más de ajuste que los nativos. Las parcelas con altas dosis de fertilización nitrogenada aumentaron en promedio 0.61 t ha⁻¹ por cada 20 unidades de nitrógeno y se redujeron el ciclo del cultivo un 11.3%, equivalente a 20 días.

Palabras clave: CERES-maize, maíz criollo, simulación regional, Coeficientes genéticos.



Application of DSSAT to Estimate Maize Yields in the Mixteca Oaxaqueña

Luis Enrique García Montesinos, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

Simulation models applied in agriculture, based on biophysical process, allow understand the dynamics of biological and environmental variables, but its use involves large amounts of information related to soil, climate, crop management and plant phenology. In this study were calibrated and validated, through grain's yield, the genetic coefficients of model CERES-Maize (DSSAT, version 4.7) for hybrid and native plants of corn. The objective was to determine, for the Mixteca region of Oaxaca, México, scope and limitations of the DSSAT model to estimate Maize's yields. For the calibration process resulted a good correlation for hybrid ($r^2=0.94$, RMSE= 567.11) and native maize ($r^2=0.86$, RMSE= 601.58). In the validation process CERES-Maize, the hybrid cultivar had a good correlation ($r^2 = 0.73$, RMSE = 976.65), even higher if compared with the native cultivar ($r^2 = 0.62$, RMSE = 698 74). It was observed that the CERES model underestimates on average 10% yields of grain. On the other hand, hybrid cultivars got 10% higher adjustment than native. The plots which handled higher doses of nitrogen fertilization increased in average 0.61 t of grain yield per each 20 units of nitrogen and it was reduced the crop's cycle an 11.3%, equivalent to 20 days.

Key words: maize, CERES-maize, yields, regional simulation



AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir un objetivo más.

Al Dr. Demetrio Salvador Fernández Reynoso quien como mi consejero y director de tesis me brindó siempre su tiempo con responsabilidad y profesionalismo, y prestó todo el apoyo requerido para la realización de esta investigación.

Al Dr. Jon Iñaqui Lizaso Oñate, por recibirme amable y profesionalmente en mi estancia realizada en la Universidad Politécnica de Madrid, por compartir sus conocimientos con humildad y camaradería. Muchas Gracias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados por haberme dado la oportunidad de estudiar un postgrado.

Al M.C. Erasmo Rubio Granados, gracias por su tiempo, trabajo, acompañamiento, consejos y aportaciones para la realización de este trabajo.

Al Dr. Leonardo Tijerina Chávez, por su dedicación y tiempo prestado en la revisión de este trabajo.



DEDICATORIA

A mis padres:

Felisa Montesinos Cruz y Eustacio García Hernández, gracias por su amor y apoyo incondicional que con cariño me han dado desde siempre, por sus consejos que me han llevado a este camino. Son mi fuente de inspiración y mis ganas de seguir siempre adelante, los llevo siempre en el corazón.

A mi hermana Nadia Elizabeth García Montesinos por ser mi compañera y amiga desde que éramos pequeños.

A mi sobrina Isis Yarezi García Montesinos, por haber traído alegría y felicidad.

A mi compañera de vida, amiga y confidente Claudia Molina por acompañarme en esta larga etapa brindándome confianza y apoyo en cada situación. Te amo

A mis amigos de siempre, Rodrigo y Xareni por estar en todo momento conmigo.



CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivos Específicos	2
2.3 Hipótesis	3
2.4 Supuestos	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Descripción del área de estudio	4
3.2 Agricultura en la Mixteca oaxaqueña	4
3.3 El cultivo de maíz en la región	6
3.3.1 Chalqueño.	7
3.3.2 Cónico	7
3.3.3 Olotón	7
3.3.4 Mushito	7
3.4 Modelos de simulación.....	10
3.4.1 Los modelos de simulación y la informática	11
3.4.2 Modelos de simulación aplicados a la agricultura.....	11
3.5 Sistema de apoyo a la decisión para la transferencia de agrotecnología.	14



3.5.1	Estructura de DSSAT.	15
3.6	Ceres Maize	16
3.6.1	Descripción del modelo	18
3.6.2	Cálculo de la duración de los estadios fenológicos del maíz	19
3.6.3	Cálculo de la biomasa total.....	20
3.6.4	Cálculo de estrés por temperatura (PRFT).....	22
3.6.5	Cálculo de estrés hídrico (SWFAC).....	23
3.6.6	Cálculo de estrés por nitrógeno (NFAC).....	23
3.7	Estudios antecedentes	24
3.8	Estudios antecedentes en México.....	26
3.9	Sensibilidad de variables de entrada en DSSAT.....	27
3.10	Métodos para determinar ajuste del modelo.....	29
3.10.1	Cálculo de regresión lineal y coeficiente de determinación	29
3.10.2	Cuadrado medio del error.....	30
3.10.3	PBIAS.....	31
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1	Datos de manejo	31
4.2	Datos de suelos	32
4.3	Datos de clima	33
4.4	Coeficientes genéticos.	33
4.5	Caracterización de los cultivares.....	34
4.6	Calibración del modelo.....	35
4.7	Validación del modelo	39
5.	RESULTADOS	43
5.1	Calibración	43



5.2	Validación.....	47
5.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
5.3.1	Análisis de sensibilidad.....	53
6.	CONCLUSIONES	63
7.	Bibliografía.....	64
8.	Anexos.....	74



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Caracterización de maíces criollos en San Martín Texmelupán, Oaxaca.....	8
Cuadro 2. Descripción de parámetros para el cultivar.....	19
Cuadro 3. Datos de manejo del cultivo requeridos por CERES-maize.....	31
Cuadro 4. Datos de suelos requeridos por CERES-maize.....	32
<i>Cuadro 5. Datos de clima requeridos.</i>	33
Cuadro 6. Caracterización de cultivares criollos en la Mixteca oaxaqueña (Aragón, 2006).	33
Cuadro 7. Coeficientes genéticos para cultivares criollos e híbridos evaluados.	34
Cuadro 8. Estaciones meteorológicas usadas en DSSAT.	35
Cuadro 9. Unidades de suelo utilizadas en DSSAT.	36
Cuadro 10. Correspondencia entre parcelas, tipo de suelo y estación meteorológica para calibración del modelo.....	37
Cuadro 11. Correspondencia entre parcelas, tipo de suelo y estación meteorológica para validación del modelo.	39
Cuadro 12. Resultados de calibración.....	43
Cuadro 13. Coeficientes de regresión e índice de bondad de ajuste para calibración.....	45
Cuadro 14. Coeficientes genéticos ajustados.	45
Cuadro 15. Comparación entre rendimientos simulados y medidos en el proceso de validación.	47
Cuadro 16. Coeficientes de regresión e índice de bondad de ajuste para validación.	50
Cuadro 17. Resultados de estimadores estadísticos.	52
Cuadro 18. Rendimientos para análisis de sensibilidad.	53
Cuadro 19. Datos de clima.	84



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las áreas agrícolas en la Mixteca oaxaqueña.....	4
Figura 2. Estructura general de DSSAT	18
Figura 3. Estados fenológicos de maíz (Ritchie, 1998)	19
Figura 4. Factor de reducción de fotosíntesis en función a la temperatura diaria.	22
Figura 5. Localización de Parcelas demostrativas PROMAF.	37
Figura 6. Cercanía de parcelas con estaciones meteorológicas para validación	43
Figura 7. Comparación de rendimientos medidos y calibrados para variedades híbridas	46
Figura 8. Comparación de rendimientos medidos y calibrados para variedades criollas.....	46
Figura 9. Comparación de rendimientos medidos y simulados (validación) para variedades híbridas.....	51
Figura 10. Comparación de rendimientos medidos y simulados (validación) para variedades criollas.	51
Figura 11. Umbral de respuesta de fertilización nitrogenada sobre rendimiento de maíz.	55
Figura 12. Umbral de respuesta de la fecha de siembra sobre rendimiento. ...	56
Figura 13. Umbral de respuesta con cambios de temperatura.....	56
Figura 14. Umbral de respuesta a cambios de radiación.	57
Figura 15. Relación de estrés de nitrógeno y agua a lo largo del ciclo.	57
Figura 16. Estrés de nitrógeno.	58
Figura 17. Rendimiento de cultivo y su relación con días de estrés.....	59
Figura 18. Rendimiento de grano por práctica de manejo.....	60
Figura 19. Pérdida de humedad del suelo para distintas prácticas de manejo.	61
Figura 20. Evaporación del suelo para distintas prácticas de manejo.....	61
Figura 21. Transpiración del cultivo para distintas prácticas de manejo.	62
Figura 22. Evapotranspiración para distintos escenarios de manejo.	62
Figura 23. Estructura de los datos climáticos de entrada.....	74



Figura 24. Estructura principal de manejo de datos de DSSAT.	75
Figura 25. Ventana principal DSSAT.....	76
Figura 26. Importación de Datos DSSAT.	77
Figura 27. Asignación de encabezados y unidades en la base de datos climáticos.	77
Figura 28. Menú principal para agregar datos de suelo.	78
Figura 29. Establecimiento y caracterización de horizontes de suelo.	78
Figura 30. Menú principal para ingresar datos de manejo.	79
Figura 31. Submenús disponibles.	80
Figura 32. Submenú para iniciar modelación en DSSAT.	80
Figura 33. Salida de datos global (OVERVIEW DATA) en DSSAT.	81
Figura 34. Ajuste de datos observados.	82
Figura 35. Archivo con cultivares DSSAT.	84



1. INTRODUCCIÓN

La región Mixteca es un área con marcada diversidad ecológica, étnica y cultural. Su terreno accidentado alberga distintos tipos de vegetación que van desde zonas boscosas hasta semidesérticas (Berumen, 2004). Empero la orografía agreste, el clima seco, los suelos erosionados y el alto grado de marginación son características predominantes en toda la región.

Según Midek (2003) la mayoría de los mixtecos se dedican a la práctica agrícola y de forma particular a la siembra de maíz, el 94 % de la agricultura en la región es de régimen temporal (Berumen, 2004). De acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015) el maíz para grano ocupó el 80 % de la superficie cosechada de la región, esto supondría una gran producción de grano básico, sin embargo, los bajos rendimientos son una constante en el ámbito agrícola de la Mixteca. Debido a la importancia económica y social que tiene el maíz en la región es interesante generar tecnologías que incrementen los rendimientos, disminuyan los costos y eleven los ingresos de los campesinos. Instituciones como el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Pecuarias), el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento Maíz y Trigo) y algunas universidades generan planes de producción y paquetes tecnológicos con el objetivo elevar el nivel técnico-productivo de la agricultura Mixteca. Pero la creación de los paquetes tecnológicos es producto de la experimentación agrícola, las variedades se reproducen en ambientes controlados y se prueban en parcelas demostrativas con un clima, suelo y manejo determinado, por lo tanto, al momento de transferir dicha tecnología a otros ambientes se genera incertidumbre por su respuesta o adaptación.

Para dar respuesta a dicha incertidumbre se puede hacer uso de los modelos de simulación, considerados como instrumentos que facilitan la toma de decisiones cuando se adoptan nuevas tecnologías de producción. Los modelos de simulación aplicados a la agricultura son una poderosa herramienta que nos permite comprender las interacciones que se dan en los sistemas biológicos y ambientales (Hernández *et al.*, 2009). Resulta más sencillo trabajar con modelos que con



sistemas reales, ya sea por que el sistema es demasiado grande y/o complejo o por la limitación de recursos humanos y económicos para valorar los rendimientos (Candelaria *et al.*, 2011). Dentro de toda la gama de modelos que existen, Ceres Maize (Jones *et al.*, 1986) se caracteriza por estimar adecuadamente el crecimiento de un sistema de maíz, minimizando la información (clima, suelo y manejo) necesaria para alimentar el modelo y realizar adecuadamente la simulación. En este sentido, el presente trabajo se aplicó el modelo Ceres Maize, presente en la plataforma DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*), para estimar el desarrollo y rendimiento de maíz en distintas parcelas ubicada en la región Mixteca.

Para ello se calibró y validó el modelo con datos de clima, suelo, manejo y coeficientes genéticos de cultivares híbridos y criollos de maíz presentes en la Mixteca. Los resultados mostraron un índice de bondad de ajuste (r^2) bueno para calibración y validación (0.93 y 0.74, respectivamente) de las variedades híbridas y las variedades criollas tuvieron un coeficiente de determinación menor (0.73 y 0.59) debido a la diversidad genética de estos materiales donde las cruzas naturales y antrópicas juegan un papel importante.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivo General

Aplicar Ceres Maize para simular el crecimiento y desarrollo de maíz en la Mixteca oaxaqueña, con el fin de evaluar los alcances y limitaciones del modelo CERES para estimar rendimientos de maíz.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar los días a floración, madurez y cosecha de las variedades cultivadas en la región, para ajustar los coeficientes genéticos del modelo CERES.

Identificar en el modelo las variables de entrada más sensibles para la estimación de rendimientos.



Elaborar distintos escenarios de manejo para evaluar su impacto en el estrés por humedad y nutrición en el rendimiento de grano.

2.3 Hipótesis

Los valores predichos de maíz se ajustan satisfactoriamente a los datos de rendimiento observados para cada una de las parcelas analizadas en este estudio.

2.4 Supuestos

Los datos de clima, manejo y fenología de maíz utilizados en este estudio son confiables.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Descripción del área de estudio

La región Mixteca se encuentra conformada por territorios que abarcan los estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca. La Mixteca oaxaqueña se encuentra integrada por 7 distritos: Silacayoapan, Huajuapán, Coixtlahuaca, Juxtlahuaca, Teposcolula, Nochixtlán y Tlaxiaco. En la región la altitud varía entre 1200 y 2300 metros sobre el nivel del mar, con orografía agreste y climas que van de semicálido seco a templado subhúmedo.

3.2 Agricultura en la Mixteca oaxaqueña

El 94% de la superficie total cultivada en la Mixteca corresponde a agricultura de temporal (Figura 1), donde la mayoría de los agricultores siembran granos básicos (principalmente maíz) destinados al autoconsumo; esto a causa de los bajos rendimientos (Berumen, 2004).

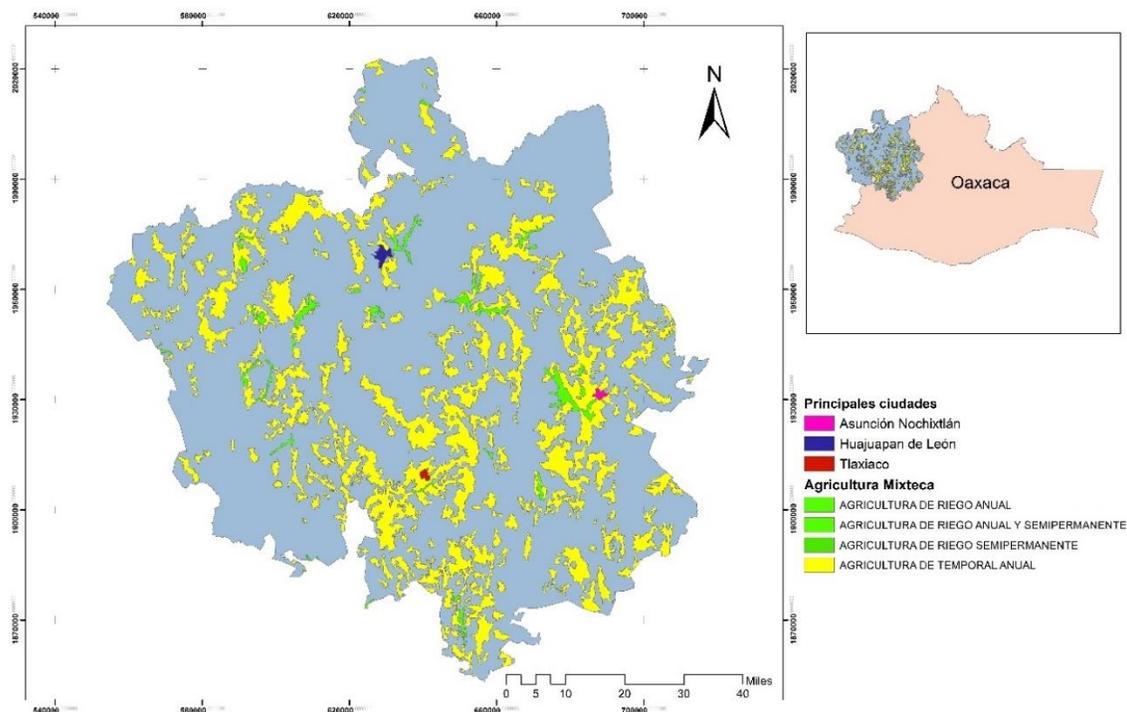


Figura 1. Distribución de las áreas agrícolas en la Mixteca oaxaqueña.



El maíz constituye el alimento básico en la mayoría de las familias en la región. Según datos del SIAP (2015), el maíz para grano ocupa casi el 80 % de superficie cosechada con un rendimiento medio regional de 1.0 t/ha.

La región Mixteca es un área con una marcada diversidad ecológica, étnica y cultural. Su terreno accidentado alberga distintos tipos de vegetación que van desde zonas boscosas hasta semidesérticas. Por su situación geográfica la Mixteca se divide en dos subregiones: alta y baja. En la Mixteca alta predomina un clima templado subhúmedo, con temperaturas medias anuales de 12 y 18 °C y precipitación menor a 800 mm anuales. En la Mixteca baja domina un clima semicálido, con temperaturas medias anuales superiores a los 18 °C y lluvias entre 1000 y 2500 mm (SAGARPA, 2015). A pesar de su orografía agreste, la región cuenta con grandes áreas de valles y cañadas; que son aprovechadas para la siembra de maíz, trigo y frijol, principalmente.

Uno de los problemas principales que dificultan agricultura en la Mixteca son los altos grados de erosión de suelos. Con base en datos reportados por el Proyecto Mixteca (2015), en las áreas agrícolas de la región se reportan tasas de erosión de 2 a 10 t/ha/año. Además, más del 93% de la superficie cosechada carece de riego y no se encuentra tecnificada, todo esto provoca rendimientos bajos y por lo tanto la actividad es considerada de autoconsumo, aunque algunas veces no logra satisfacer las necesidades básicas de alimentación entre los habitantes del área (Berumen, 2004). Además de estos problemas ambientales, hay que mencionar, bajo uso de insumos por la baja disponibilidad de créditos, escasa o nula información de la tecnología, nula organización para la producción, faltas de estímulos a la producción, bajos precios del producto, poca organización para comercialización y alta migración (Aragón, 2006). En la región el maíz, frijol, calabaza y chile (milpa) se ha sembrado desde tiempos precolombinos y su consumo son la base de la dieta de los mixtecos. Dado la importancia social y económica que el maíz juega para la población, su manejo continúa diversificándose



y adaptándose a las condiciones físicas y climáticas del territorio, lo que convierte a este cultivo en objeto importante de estudio.

3.3 El cultivo de maíz en la región

Según Navarro *et al.* (2012) se reconocen cuatro principales factores involucrados en la gran diversidad de maíces del país: 1) razas primitivas, que existen como variedades actualmente vivas; 2) la influencia de variedades exóticas de países del sur; 3) el teozintle cruzado de forma natural con el maíz de México y 4) la geografía del país con gran gama de microambientes aislantes. Esta diversidad la podemos encontrar más detalladamente en el estudio de Anderson y Xolocotzi (1951) donde reportaron 25 razas identificadas y 7 no definidas. Por otro lado, González *et al.* (2013) caracterizaron la diversidad genética interpoblacional e interracial presente en 21 estados de la República Mexicana, en dicho estudio concluyen que las diferencias ambientales contribuyen en gran proporción al patrón general de diversidad del maíz.

Dado que la región Mixteca es una zona con distintos tipos de clima, suelo y relieve, resulta lógico pensar, bajo esta línea de ideas, que la diversidad genética presente en esta región provoca, incluso bajo un mismo manejo, que los maíces criollos tengan un desarrollo fenológico variado a lo largo del ciclo. Los maíces híbridos requieren para su producción la cruce deliberada de una población de progenitores hembra y macho en parcelas aisladas. Esta selectividad garantiza, entre otras cosas, que el producto resultante de la cruce manifieste configuraciones morfológicas, fenológicas y genéticas específicas (McRobert *et al.*, 2015).

El sistema de milpa mantiene la mayor diversidad genética de maíz en México y Oaxaca posee una alta variedad de razas de maíz, por diversos motivos geográficos (climáticos, topográficos y edáficos). También hay que tener en cuenta que el intercambio de semillas y la selección de caracteres fisiológicos, que los agricultores realizan cada año, cambian el comportamiento del cultivo, lo que le permite adaptarse dinámicamente a los cambios del entorno físico (Chávez *et al.*, 2011).



De acuerdo con Aragón (2006) las razas de maíz predominantes en la región Mixteca son el chalqueño, cónico, olotón y mushito, cuyos ciclos fenológicos puede llegar a los 9 meses en algunos municipios del territorio.

3.3.1 Chalqueño.

Esta raza se distribuye principalmente en la parte alta de la región, se caracteriza por tener plantas altas y de ciclo largo, mazorcas de medianas a largas, grano grande y con número de hileras superior a 12. Los rangos climáticos de la raza son: altitudes entre 2020 y 2600 msnm, temperatura media entre de 16.6 a 16.7 °C y precipitación media anual entre 560 y 1125 mm.

3.3.2 Cónico

Es una raza mestiza prehistórica, se ubica en la parte sur de la región colindando con los valles altos de la zona centro y la sierra norte. Las plantas de maíz cónico son de porte bajo a intermedio, son precoces a intermedias y tienen diferentes colores de grano. El rasgo distintivo de esta raza es la forma cónica de su mazorca.

3.3.3 Olotón

El maíz olotón tiene una altura aproximada de 2.0 a 3.0 metros, y un ciclo fenológico intermedio, de seis a nueve meses, el grano posee múltiples colores. Los rangos de adaptación del cultivo son de 1280 hasta 2460 msnm, una precipitación que varía de los 587 a los 3711 mm y un rango de temperatura entre 13.6 y 22.6 °C.

3.3.4 Mushito

La raza mushito es una planta muy tardía, de porte alto, mazorca larga y grano dentado, es considerada como una raza con un alto potencial de rendimiento. Los rangos de altitud de mushito varían de 1725 a 2574 msnm, en tanto la temperatura varía entre 12.7 y 23.7 °C y la precipitación va desde los 757 a los 2379 mm.

Chávez *et al.* (2011) realizaron un estudio para evaluar la variación morfológica fenotípica de 14 colectas hechas en el municipio de Tlaxiaco (Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización de maíces criollos en San Martín Texmelupán, Oaxaca.

Variables evaluadas	Unidades	Mín.	Máx.	CM	CV
	cm				16.
Altura de planta		109.7	183	1264.37**	9
	cm				24.
Altura de mazorca		58.3	115.1	829.61**	4
Número de ramas primarias de la espiga	adimensional				18.
		2.1	7.2	0.24**	3
Longitud del pedúnculo de la espiga	cm				13.
		22.6	40.3	29.28**	6
	cm				15.
Longitud de panoja o espiga		23.3	48.2	132.16**	9
Longitud total de la espiga	cm	45.2	79.6	232.70**	9.4
Tiempo a floración masculina	días	95	113	94.73**	1.8
Días a floración femenina	días	95.8	112.8	100.46**	2.5
Longitud de la mazorca	cm	4.7	19.9	29.98**	7.9
	cm				22.
Diámetro de la mazorca		2.6	6.9	1.85**	5
Número de hileras de la mazorca	adimensional				11.
		9.4	14.7	3.75**	7
	mm				10.
Diámetro del olote		1.4	5.7	0.10**	4
Longitud del grano	mm	8.8	12.2	1.55**	7.4
Ancho de grano	mm	6.8	9.3	0.91**	8.8
Grosor del grano	mm	3.8	4.6	0.11NS	8.6
	t ha ⁻¹				26.
Rendimiento de grano		0.5	3.86	0.58NS	3

Ns= no significativo a una $P>0.05$; * = significativo con $P<0.05$; ** = altamente significativo con $P<0.01$; CM= cuadrado medio del error; CV= Coeficiente de variación.

El sistema de cultivo de maíz en la región es variado, no se puede generalizar un manejo debido a la diversidad (oroográfica, climática y edafológica) de la región y a las distintas razas que en ella se cultiva. Pero de manera general, los terrenos de los valles se caracterizan como sistemas de manejo tradicional (labranza con tracción animal, temporal, bajo uso de insumos y cosecha manual) con fechas de siembra entre el 15 de mayo al 15 de julio y una duración media del ciclo de cultivo de 6 meses. En algunas zonas, donde el principal factor limitante es la humedad,



se siembra previo al periodo de lluvias (febrero a marzo) en un sistema conocido como “cajete”. En este sistema se realizan pequeños agujeros entre los surcos, con el objetivo de encontrar humedad, en él se cultivan principalmente razas y variedades tardías, de hasta nueve meses, y con plantas y mazorcas de porte grande. Por otro lado, en zonas de lomeríos la siembra inicia cuando se establecen las lluvias y estos terrenos se cultivan variedades de ciclo corto y de porte bajo siguiendo un arreglo topológico en surcos. En el resto de la superficie agrícola de los valles, aproximadamente un 9% del total, se practica una agricultura tecnificada; principalmente en el municipio de Nochixtlán, al sur de la región. Este sistema se caracteriza por el uso de variedades híbridas, aplicación de riego y labranza mecanizada. Para los sistemas de cultivo de riego, la fecha de siembra va del 15 de enero al 15 de febrero y los rendimientos varían de acuerdo a las variedades utilizadas, pero algunas parcelas alcanzan rendimientos hasta de 6 t ha⁻¹ (INEGI, 1997). De acuerdo a datos del PROMAF (2009, 2010 y 2011), las variedades híbridas más utilizadas en estos valles son Pantera, Leopardo y Tigre; semillas de Asgrow y con ciclos de aproximadamente 140 días.

SAGARPA (2015) recomienda que la fertilización, para maíz de temporal, consista en 90 kilogramos de nitrógeno y 46 kilogramos de fósforo por hectárea; aplicando todo el fósforo y la mitad de nitrógeno a la siembra y el resto de nitrógeno 30 días después; procurando que la fertilización se realice cuando las condiciones de humedad en el suelo son adecuadas, de lo contrario las dosis y las fechas de aplicación deben modificarse en virtud del establecimiento de las lluvias. La fertilización recomendada para maíz de riego consiste de 180 Kg de nitrógeno y 80 kilogramos de fósforo por hectárea, fraccionando la aplicación del fertilizante de la misma forma que en el maíz de temporal.

Estos paquetes tecnológicos recomendados generalmente no se aplican, por la baja rentabilidad del cultivo y por el aumento constante de precios en los insumos. Según datos de la SAGARPA (2015), en la Mixteca el costo total para sembrar una hectárea con riego es de \$13,542.00 y para temporal \$8, 862.00. Según datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) el precio de la tonelada



de maíz en el distrito Mixteco de Huajuapán de León en 2015 fue de \$3,500.00 y el rendimiento medio en las parcelas con riego es de 5 a 6 t/ha; lo cual asegura un margen de ganancia hasta de 55 %. Mientras que las parcelas de temporal, con moderado uso de insumos para la producción, el rendimiento medio es de 3.5 t/ha, logrando ganancias que se acercan al 50 %. Sin embargo, no todas las parcelas en la región tienen el mismo nivel de tecnificación y en muchos casos se sufren pérdidas económicas a causa de la sequía, plagas y enfermedades. Todo este panorama representa un reto para los técnicos y agricultores, que tienen que buscar nuevas técnicas de producción que reditúen adecuadamente en la economía y el sustento de las familias, cuya economía depende del cultivo del maíz.

Hoy en día los productores agrícolas asumen riesgos cada vez más altos y aunque existen algunos programas de apoyo al campo mexicano, paquetes tecnológicos para la producción e instituciones públicas que desarrollan variedades de maíz que se adaptan al cambio dinámico de los ecosistemas, se hace necesario analizar y valorar el impacto productivo de nuevas tecnologías en los sistemas de cultivos. Una respuesta a este problema es el desarrollo y aplicación de modelos de simulación de cultivos que ayudan, entre otras cosas, a conocer las interacciones entre los componentes de los sistemas agrícolas.

3.4 Modelos de simulación

Un modelo de simulación es una representación simplificada de un sistema, proceso o actividad, que mediante algoritmos y ecuaciones tratan de reproducir dinámicamente su comportamiento a través del tiempo. (Krishna, 2004; Hernández *et al.*, 2009; Candelaria *et al.*, 2011; Lamkane & Shirkande, 2015 y Rauff & Bello, 2015)

La historia de la simulación puede ser descrita siguiendo diferentes perspectivas, algunos autores señalan que la actividad de simular fenómenos tiene su origen desde el surgimiento de la teoría matemática de probabilidad y la necesidad de los investigadores para experimentar sobre fenómenos naturales. Goldsman *et al.* (2010) indican que la historia de la simulación puede abordarse de acuerdo al desarrollo de los lenguajes de programación y de las diferentes aplicaciones que



han tenido los modelos en diferentes disciplinas de la ciencia. Sin embargo, la aplicación de modelos de simulación, tal como los conocemos hoy en día, están ligados al desarrollo de la informática mediante el uso de paquetes computacionales (Domonkos, 2010).

3.4.1 Los modelos de simulación y la informática

Sharma (2015) menciona que el estudio de modelos de simulación va de la mano con el desarrollo de la tecnología de la computación. El papel de la informática en el campo de la simulación ha posibilitado que gran cantidad de problemas estadísticos y matemáticos sean resueltos en cortos periodos de tiempo. También la informática ha facilitado la aplicación de modelos de simulación a nuevas disciplinas del conocimiento (Rehman y Pedersen, 2012). Bajo esta premisa, los paquetes informáticos, diseñados para la simulación, se convierten en una herramienta que ayudan a conocer en mayor detalle el funcionamiento de un sistema, a incidir sobre una variable y observar su comportamiento individual en todo el medio. Sin esta herramienta resultaría complejo integrar, de manera matemática, las diferentes variables que suceden en un proceso específico del sistema (Rozinat, *et al.*, 2009). El primer modelo de simulación, acoplado a un lenguaje de programación, se desarrolló en 1961 cuando IBM (*International Business Machine*) presentó el Sistema de Simulación de Propósito General (GPSS, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo principal era distribuir información meteorológica a la aviación (Sharma, 2015). En 1962 se desarrolló a la tecnología SIMSCRIPT, que derivó en el lenguaje FORTRAN, que resultaba más sencillo de manejar para personas no especializadas en sistemas informáticos. El uso de estos paquetes computacionales, más amigables con el usuario, fue creciendo y junto con las mejoras en los sistemas de procesamiento y representación de datos, permitió la simulación y su expansión diversos campos.

3.4.2 Modelos de simulación aplicados a la agricultura

Los sistemas de modelado de cultivos datan desde los años 60, cuando se calculaba la relación entre el rendimiento de un cultivo y el balance de agua en el suelo (Oteng *et al.*, 2012). Hoy en día los modelos de simulación aplicados a la



agricultura pueden utilizarse para comprender los efectos del cambio climático, como el aumento de dióxido de carbono, los cambios de temperatura y las variaciones en la precipitación sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento de los cultivos (Rauff y Bello, 2015).

El primer modelo de simulación de cultivos que se conoce fue el ELCROS (*Elementary Crop Growth Simulator*), liberado en 1970, el cual calculaba el rendimiento potencial de maíz, fue el primer modelo de simulación de procesos de la planta que Wit y colaboradores (1965) construyen después de completar el modelo de fotosíntesis del dosel de la planta; este modelo no simulaba fenómenos más complejos como la floración y la fructificación.

La segunda generación, en el desarrollo de estos modelos, se enfocó en simular la transpiración y los programas producto de esta mejora fueron el BACROS (*Basic Crop Growth Simulator*), después surgió en 1982 el SUCROS (*Simple and Universal Crop Growth Simulator*), que se basaba en principios físicos y matemáticos de ELCROS Y BACROS (Ahuja, 2002 y Oteng *et al.*, 2012).

La aplicación de modelos se ha convertido en una herramienta útil para analizar el comportamiento de las diferentes variables ambientales de un sistema, ya que en muchos casos es más fácil trabajar con modelos que con sistemas reales, ya sea porque el sistema es demasiado grande y/o complejo o por la limitación de recursos humanos y económicos para valorar los rendimientos (Candelaria *et al.*, 2011).

Se han desarrollado gran variedad de modelos para múltiples objetivos, de acuerdo a la cantidad de información disponible y los problemas de un sistema productivo específico (Hernández *et al.*, 2009). Por ejemplo, en 1985 el Servicio de Conservación de suelos y Agua (SCS-USDA) de los Estados Unidos de América desarrolló el modelo EPIC (*Erosion Productivity Impact Calculator*) para estimar la productividad del suelo afectado por procesos erosivos. La evolución del modelo trajo consigo la incorporación de funciones relacionadas con calidad del agua y ciclo del CO₂. Con las mejoras posteriores su nombre cambió a *Environmental Policy Integrated Climate* el cual además de analizar el crecimiento de cultivos, también



predice el efecto del manejo sobre el suelo, el balance hídrico, el movimiento de nutrientes y plaguicidas, pérdida de suelo y calidad de aguas subterráneas.

El equipo técnico encargado de desarrollar EPIC en 1991, con apoyo de la Agencia de Protección Ambiental de estados unidos, produjo el modelo APEX (*Agricultural Policy Extender*) para estudiar los problemas ambientales pecuarios a nivel cuencas a través del estudio de subáreas (Gassman *et al.*, 2005).

Este desarrollo constante ha posibilitado analizar la producción agrícola en diferentes climas, tipos de suelos y condiciones de manejo de distintos cultivares en diferentes regiones del mundo. Podemos considerar a los modelos como una herramienta versátil para conocer y analizar los efectos reales de cada variable bajo distintas condiciones o el efecto combinado de estas en el proceso analizado (Rozinat, *et al.*, 2009).

Para la investigación agronómica es importante analizar y cuantificar cada una de las variables que constituyen un sistema biológico natural complejo. Por tanto, el uso de las técnicas de modelación sirve para delimitar prioridades en las investigaciones y entender las interacciones básicas del suelo – planta – atmósfera. Estos modelos también se usan en la planificación e investigación de los diversos escenarios físicos y de manejo en los que se encuentran inmersos los sistemas productivos y en la manera en que estos influyen en su entorno.

Hoy en día con la ayuda de modelos se puede simular el impacto ambiental, el manejo de los cultivos, la genética y las estrategias de mejoramiento, así como el cambio climático y la variabilidad en el crecimiento y el rendimiento (Candelaria *et al.*, 2011). De una gama de modelos para simular el crecimiento y rendimiento de maíz, dependiendo del estudio que queramos realizar, podemos seleccionar a EPIC, ALMANAC (*Agricultural Land Management Alternative with Numerical Assessment Criteria*), CROPSYST (*Cropping System*), WOFOST (*World Food Studies*), ADEL-*maize*. Los modelos SORKAM y SORMODEL han sido utilizados para conocer el efecto del manejo en el rendimiento de sorgo, mientras que CERES y CROPGRO se han diversificado para simular más de un cultivo, en el caso de



CERES enfocándose a los cereales como: maíz y trigo, mientras que CROPGRO para simular el crecimiento de algunas leguminosas (Rauff y Bello, 2015).

Existe una extensa diversidad de programas informáticos y algoritmos matemáticos para simular el crecimiento de un cultivo bajo diversas prácticas de manejo y condiciones ambientales. Estos modelos, al integrar distintos subsistemas y diversas variables ambientales, permiten evaluar escenarios distintos a donde fueron desarrollados y que existen en otras partes del mundo (El-Sharkawi, 2011).

Ante la existencia de gran número de modelos y programas informáticos se debe plantear la idea sobre cuál de ellos usar en este estudio. Debido a que se trabajará a gran escala se debe tomar en cuenta el uso de un programa que permita la modelación de cultivos a nivel regional, Murthy (2004), Hoffmann et al. (2015), Grasinni et al. (2015) y Lv et al. (2017) resaltan la importancia del modelo DSSAT para estimar el crecimiento y rendimiento de un cultivo en estudios regionales y bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo.

3.5 Sistema de apoyo a la decisión para la transferencia de agrotecnología.

El modelo DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) es una plataforma que contiene modelos para 16 diferentes cultivos, incorporados a un programa informático que sistematiza su uso para diferentes propósitos (Jones et al., 2003). DSSAT es el producto más notable del proyecto IBSNAT (*International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer*), cuyo principal objetivo era conocer las necesidades de aquellos países cuya actividad económica principal fuera la agricultura.

El proyecto IBSNAT nace en 1982 como un acuerdo entre USAID (*United States Agency for International Development*) y la Universidad de Hawaii en Manoa (Rauff y Bello, 2015). Los primeros modelos de cultivos utilizados en DSSAT fueron CERES (para maíz y trigo), SOYGRO (para soya) y PNUTGRO (para cacahuate). Originalmente estos modelos no se encontraban abiertos al público y solo eran utilizados en los campos experimentales donde fueron originalmente desarrollados; esto implicaba que la estructura de datos de cada modelo era distinta. Uno de los



primeros retos del proyecto IBSNAT fue facilitar el entorno de trabajo del SOFTWARE y que los usuarios hicieran una sola entrada de datos. La necesidad de compatibilizar los modelos anteriores condicionó el diseño inicial de DSSAT, formato que fue tomado como base para desarrollar nuevos modelos e incorporar cultivos adicionales, como: papa, arroz, frijol, girasol y caña de azúcar (Jones *et al.*, 2003).

DSSAT es una herramienta multipropósito que, además de simular el crecimiento y desarrollo de un cultivo específico, sirve para analizar el déficit de agua, ciclos del carbono y del nitrógeno en el suelo, efecto de los cambios de temperatura y el balance de agua en los distintos horizontes edáficos. Para ello, el modelo cuenta con distintos módulos que permiten hacer la simulación tan general o tan específica como el usuario lo determine. DSSAT, específicamente Ceres Maize, prioriza el efecto del nitrógeno en el crecimiento del cultivo, por lo tanto, la fertilización nitrogenada afecta de manera directa al rendimiento del grano, siempre y cuando no existan limitaciones de agua durante el ciclo.

3.5.1 Estructura de DSSAT.

La interfaz del usuario, en DSSAT, se estructura en tres grandes grupos (Figura 2): bases de datos, modelos de crecimiento y el programa informático. Los modelos, como se mencionó anteriormente, son algoritmos matemáticos que usan la información ambiental para simular el crecimiento de algún cultivo y el programa informático es la plataforma que permite al usuario ingresar información, detallar experimentos, delimitar secuencia de cultivos, y seleccionar salidas de datos (Jones, 2003). En la interface del usuario se delimita el número de experimentos o parcelas a trabajar y asigna a cada experimento el tipo de suelo, la estación meteorológica, el modelo de crecimiento y el cultivar con el que se llevará a cabo la simulación (Thorp, 2008). DSSAT trabaja con cuatro bases de datos o módulos que convergen en una herramienta llamada *Data Management Tools*; estas bases de datos son archivos de texto con información de clima, suelos, fertilizantes, manejo, costos y coeficientes genéticos de los cultivos.



En la base de datos de clima se registra la información diaria de temperaturas máximas y mínimas, precipitación y radiación solar. A través de la base de datos de suelo se alimentan las propiedades físicas, químicas y morfológicas de cada horizonte del suelo. En la base de manejo se ingresan fechas de siembra, aplicación de fertilizantes, pesticidas y labranza. En la base de coeficientes genéticos se especifican los parámetros que caracterizan el crecimiento y desarrollo fenológico de una especie en particular.

Además de las salidas de datos en archivos de texto, DSSAT permite visualizar el crecimiento del cultivo, a lo largo del ciclo, a través de gráficas. DSSAT produce dos grandes grupos de salidas de datos, la primera se refiere a las etapas de desarrollo del cultivo, entre las que encontramos variables como: índice de área foliar, acumulación de materia seca entre los distintos órganos de la planta, concentración de nitrógeno, estrés hídrico, estrés por fertilizantes e índices de senescencia. El segundo grupo de salidas se refieren al comportamiento del suelo donde podemos encontrar información como: ciclo de nitrógeno, temperatura del suelo, balance de agua en los distintos horizontes, y comportamiento de la materia orgánica.

3.6 Ceres Maize

El modelo CERES se desarrolló a petición del Departamento de agricultura de los Estados Unidos de América (USDA); fue desarrollado en 1985 por Joe T. Ritchie para estimar el rendimiento de trigo. El modelo se concibió para simular el crecimiento y rendimiento del cultivo en forma simple para el usuario, por lo que fue más empírico y necesitaba de menor cantidad de datos que los modelos adicionados posteriormente. El primer paso para la creación del modelo CERES – Maize fue estimar los periodos y tasas de crecimiento del cultivo en función del ambiente y las características del suelo. Posteriormente D.C. Godwin y Ritchie y C.A. Jones incorporaron en 1986 la dinámica de nitrógeno en el proceso productivo del maíz (Singh y Kersebaum, 2004).

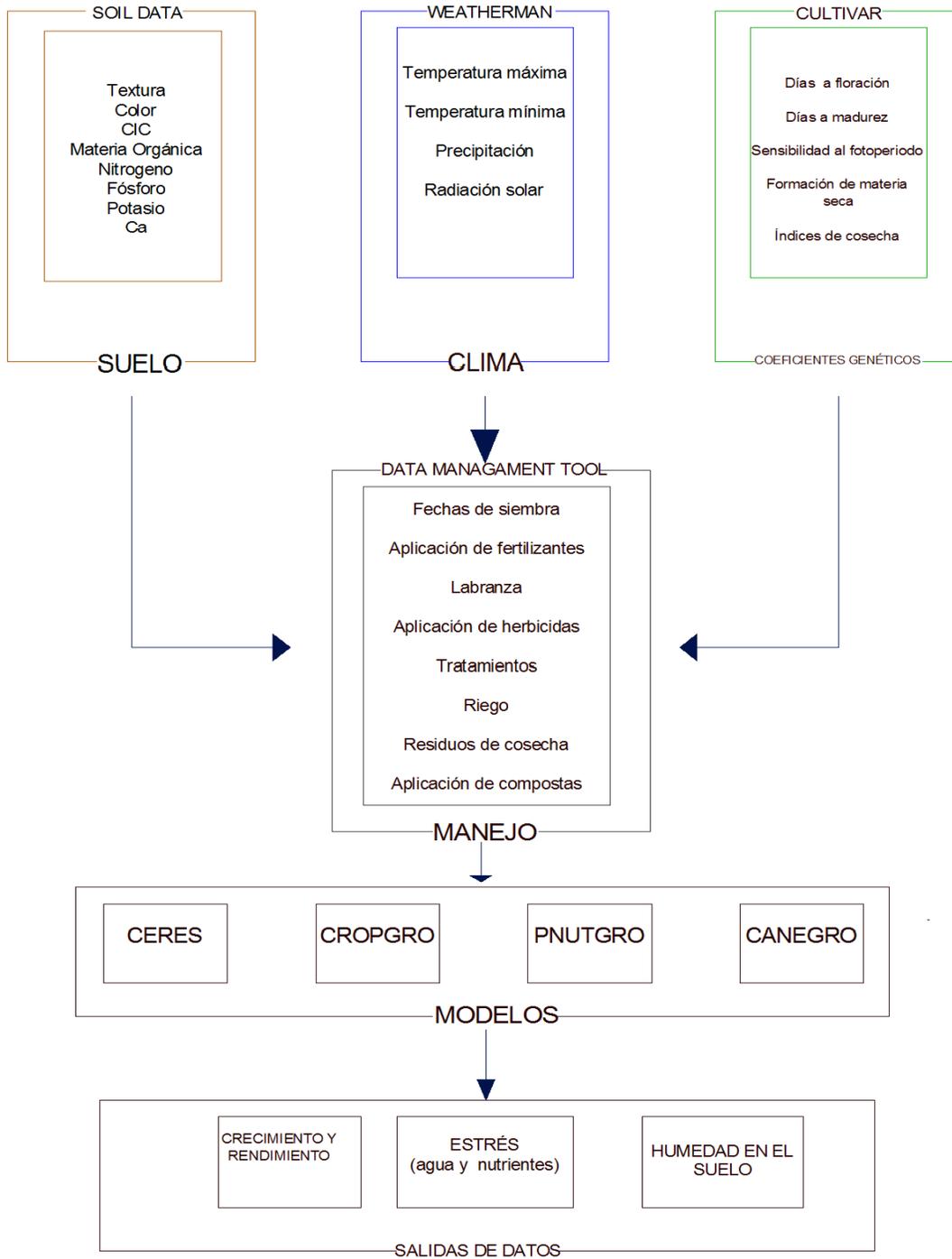
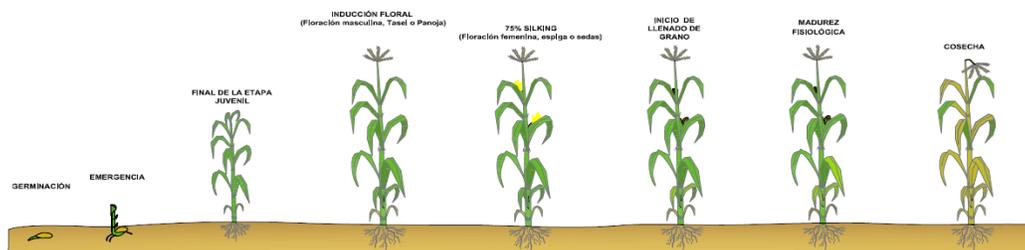


Figura 2. Estructura general de DSSAT

3.6.1 Descripción del modelo

El modelo CERES MAIZE forma parte de la plataforma DSSAT y cuenta con submódulos para suelos, manejo, clima, desarrollo y crecimiento de cultivos. El modelo calcula a nivel diario, durante el ciclo, las tasas de crecimiento y desarrollo del maíz en sus distintas etapas fenológicas. El potencial de crecimiento de una planta depende de sus coeficientes genéticos, prácticas de manejo, radiación incidente y la temperatura y ocurre cuando no se presentan restricciones por nitrógeno y agua (Fraisse *et al.*, 2001 y López *et al.*, 2005).

En CERES la biomasa diaria se calcula a través de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y el reparto de esta, a los distintos órganos de la planta, depende del estado fenológico en que se encuentra el cultivo (Casanova *et al.*, 2006). Esto implica que los estados fenológicos del cultivar deben estar perfectamente definidos, en la estructura del modelo, en función de la temperatura. En CERES se definen 8 estados fenológicos (Figura 3): germinación, emergencia, final de la etapa juvenil, inducción floral (formación de la panoja), 75 % de *silking*¹, inicio de llenado de grano, madurez fisiológica y cosecha (Casanova *et al.*, 2006 y Sau *et al.*, 2010).



¹ *Silking*: estado fenológico del maíz donde se hace visible la presencia de floración femenina (sedas).

Figura 3. Estados fenológicos de maíz (Ritchie, 1998)

La duración de los estados fenológicos varía de acuerdo al cultivar y CERES enfatiza los procesos para calcular la duración de los distintos estados fenológicos. La temperatura y la acumulación de unidades de calor permiten saber el número de hojas que la planta desarrolla, el tiempo a floración y la madurez fisiológica. Con esto podemos saber si estamos trabajando con variedades precoces o tardías y de esta manera intuir el comportamiento del cultivo durante el ciclo. Para caracterizar el cultivar, con el que se lleva a cabo la simulación, se determinan los seis parámetros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de parámetros para el cultivar.

Nombre	DESCRIPCIÓN
P1	Tiempo térmico, desde la emergencia hasta el final de la fase juvenil
P2	Días de retraso por cada hora de aumento al fotoperiodo
P5	Tiempo térmico, desde la floración femenina a la madurez fisiológica
G2	Máximo número de granos por planta
G3	Tasa de llenado de grano en condiciones ópticas
PHINT	Tiempo térmico entre apariciones de hojas sucesivas

Los parámetros P1, P2 y PHINT dependen totalmente de la temperatura; el P2 depende de la radiación y; G2 junto a G3 son características morfológicas del cultivar.

3.6.2 Cálculo de la duración de los estadios fenológicos del maíz

La duración de la fenología del maíz se expresa en tiempo térmico. Para que la planta pase de un estado a otro tiene que acumular cierta cantidad de tiempo térmico, para ello es necesario calcular el Tiempo Térmico Diario (*DTT*).

$$DTT = TEMPM - TBASE$$



Donde $TEMPM$ es la temperatura media en el día, la cual se obtiene sumando la temperatura máxima y la mínima para después dividir el resultado entre dos. $TBASE$ es la temperatura base de la simulación, es decir, la temperatura por debajo de la cual se detiene el desarrollo fenológico. La unidad para el tiempo térmico es el grado centígrado día ($^{\circ}Cd$) (Jones *et al.*, 1986).

Para que ocurra la emergencia, suponiendo disponibilidad de agua en el suelo, son necesarios 45 $^{\circ}Cd$, más 6 $^{\circ}Cd$ por cada centímetro de profundidad que esté sembrada la semilla (Sau *et al.*, 2010). Los grados días de desarrollo, para las fases fenológicas de emergencia hasta madurez fisiológica, están definidas por los parámetros P1 y P5. Durante la floración el desarrollo fenológico deja de responder a la temperatura y responde al fotoperiodo, como se indica a continuación:

$$RATEIN = \frac{1}{[4 + P2 \times (HRLT - 12.5)]}$$

$RATEIN$ es la tasa de inducción fotoperiódica, $HRLT$ es el número de horas luz y $P2$ es el coeficiente genético de sensibilidad al fotoperiodo. La etapa de iniciación floral comienza cuando $RATEIN$ alcanza un valor mayor o igual a 1.

3.6.3 Cálculo de la biomasa total

CERES calcula la biomasa total (B_T) producida con la siguiente ecuación:

$$B_T = g * d$$

Donde g es la tasa de crecimiento diario, expresada en gramos por cada planta al día ($g \text{ planta}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y d es la duración del crecimiento en días (Ritchie *et al.*, 1988 en Sau *et al.*, 2010).

La estimación del total de biomasa ($PCARB$) se calcula a través del concepto de eficiencia de uso de radiación (RUE) (López *et al.*, 2005).

$$PCARB = RUE \frac{IPAR}{PLTPOP} x FC0_2$$



$$IPAR = PAR[1 - \exp(-k \times LAI)]$$

Donde *IPAR* es la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por la lámina foliar, *FCO₂* es un factor adimensional que indica el efecto de la concentración del CO₂ sobre el crecimiento, *PLTPOP* es la densidad de plantas por unidad de superficie (planta m²), *k* es el coeficiente de extinción de la PAR bajo la lámina foliar (Sau *et al.*, 2010 y López *et al.*, 2005). El valor de *k* se calcula en función de la distancia entre surcos y *PLTPOP*.

$$k = 1.5 - 0.768 \times (ROWSPC^2 \times PLTPOP)^{0.1}$$

Donde *ROWSPC* es la distancia entre surcos en metros. *LAI* es el índice de área foliar y se calcula en función del número de hojas, utilizando una serie de cuatro ecuaciones discontinuas para las hojas 1-3, 4-11, de la 12 a la trasantepenúltima hoja y para las tres últimas hojas. (Jones *et al.*, 1986 en Lizaso *et al.*, 2003).

La producción real de biomasa producida por planta (*CARBO*, g planta⁻¹ d⁻¹) generalmente es inferior a la producción potencial (*PCARB*) debido al estrés diario por temperatura, agua y nitrógeno.

La estimación de la biomasa, tomando en cuenta los distintos tipos de estrés, se calcula de la siguiente manera en el modelo:

$$CARBO = PCARB \times \min(PRFT, SWFAC, NFAC)$$

PRFT, *SWFAC*, *NFAC* representan el estrés por temperatura, agua y nitrógeno, respectivamente. La manera en que estos factores influyen en el desarrollo son representados a través de un parámetro que varía de 0 (estrés máximo) a 1 (sin estrés) (Sau *et al.*, 2010 y López *et al.*, 2005).

3.6.4 Cálculo de estrés por temperatura (PRFT)

En CERES, el desarrollo de una planta se describe a través de funciones lineales por rangos de temperatura, donde la fotosíntesis crece a partir de un valor mínimo (temperatura base), se mantiene constante con un valor óptimo y disminuye cuando alcanza un límite superior (García y López, 2002). Las cuatro temperaturas cardinales que usa CERES, para delimitar la función lineal de la actividad fotosintética, son: temperatura base de 6.2 °C, dos temperaturas óptimas de 16.5 y 33 °C y una temperatura máxima de 44 °C. Estos rangos de temperatura definen el desarrollo del cultivo, así, la planta no presenta actividad con una temperatura inferior a la temperatura base e interrumpe su desarrollo cuando se presenta la temperatura máxima (Figura 4).

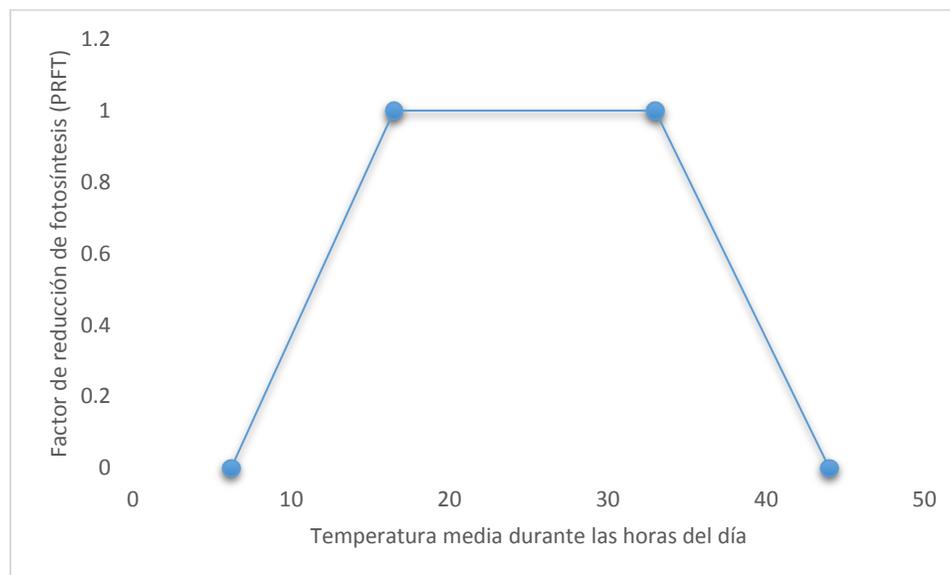


Figura 4. Factor de reducción de fotosíntesis en función a la temperatura diaria.

El Factor de reducción de fotosíntesis (PRFT), en función del estrés por temperatura, está definida siguiente ecuación:

$$PRFT = 1 - 0.0025[(0.25 \times TMIN + 0.75 \times TMAX) - 26]^2$$

Si $PRFT < 0$, $PRFT = 0$



3.6.5 Cálculo de estrés hídrico (SWFAC)

Para conocer la cantidad de agua que usa la planta, CERES-maize realiza un balance hídrico considerando el agua de lluvia, riego y drenaje, a su vez calcula la evapotranspiración potencial, escurrimiento, evaporación de agua en el suelo y la transpiración del cultivo (Jones *et al.*, 1986).

Para realizar el balance hídrico del suelo, CERES utiliza datos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente, contenido de agua a saturación y una función de distribución de raíces en el suelo (*SRGF*). Las raíces crecen en el suelo en función de la producción de biomasa radical y de la condición del suelo para impedir o permitir su distribución (0 a 1). Para evaluar el contenido de humedad CERES calcula, por capa de suelo, la extracción potencial de agua por las raíces (*RWU*, cm d^{-1}) en función del contenido de humedad y de la densidad de raíces del cultivo (*RLV*). Para obtener el potencial de extracción total de agua de las raíces (*TRWU*) el modelo integra todos los valores de *RWU* de las capas del suelo, hasta la profundidad de enraizamiento (Sau *et al.*, 2010).

Cuando el valor de *TRWU* es menor a la transpiración potencial del cultivo (*EP0*), entonces la transpiración del cultivo (*EP*) toma los valores de *TRWU* y el factor de estrés hídrico, sobre la fotosíntesis, se calcula de la siguiente manera.

$$SWFAC = \frac{EP}{EP0}$$

3.6.6 Cálculo de estrés por nitrógeno (NFAC)

La dinámica del nitrógeno, en CERES-maize, está ligado a los procesos de balance hídrico y a la descomposición de la materia orgánica. La cantidad de nitrógeno disponible para el cultivo proviene del aporte de nitrógeno al cultivo y de los residuos de cosecha. El ciclo de nitrógeno en el suelo considera la descomposición de los residuos de cosecha, la materia orgánica fresca y los contenidos de nitratos, amonio y nitrógeno del humus. El modelo calcula la mineralización del nitrógeno orgánico y



la inmovilización del nitrógeno mineral tomando en cuenta la incorporación de nitrógeno en forma de nitratos o amonio por medio de la fertilización.

Una vez calculada la oferta, la demanda de nitrógeno se realiza a través de concentraciones mínimas de N, para que el cultivo continúe produciendo biomasa y reparta está a los distintos órganos de la planta.

Para el cálculo del factor de estrés por nitrógeno es necesario conocer la concentración mínima (*TMNC*) y máxima (*TCNP*) con las que se afecta el crecimiento de la planta.

$$TCNP = \frac{EXP(1.52 - 0.160 \times XSTAGE)}{100}$$

$$TMNC = \frac{(1.25 - 0.20 \times XSTAGE)}{100}$$

XSTAGE es un parámetro que nos indica la etapa de crecimiento del cultivo, el cual es 0 a la germinación, 1 al final de la etapa juvenil, 1.5 al principio de la floración y 4.5 durante la floración femenina.

3.7 Estudios antecedentes

Desde que CERES-Maize fue desarrollado, en 1986, se ha aplicado a diversos temas y los usuarios han propuesto a los desarrolladores diversas mejoras. (Lopez-Cedrón *et al.*, 2005). El modelo se ha usado en gran cantidad de estudios alrededor del mundo y probado con información disponible de clima, suelo y características fenológicas de los principales cultivares.

Se ha abordado el alcance y limitaciones de CERES al simular rendimientos de cultivo para grandes áreas, donde se manejan extensas bases de datos, como es el caso de la franja maicera de EUA (Hodges *et al.*, 1987), donde se utilizó el modelo para estimar el rendimiento de maíz para el periodo 1982 - 1987. Los procesos



simulados fueron fotosíntesis, respiración, fenología, índice de área foliar, balance hídrico, evapotranspiración y llenado de grano. La información climática se obtuvo de 56 estaciones meteorológicas, distribuidas en 14 estados, de las cuales se usaron datos temperatura (máxima y mínima) precipitación y radiación solar. Para suelos se incorporó información de varios perfiles con datos de: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, contenido de agua a saturación, profundidad de cada horizonte, conductividad hidráulica, albedo, entre otras. Para el manejo de cultivo se utilizó información sobre fechas de siembra, densidad de plantación, latitud, aplicación de fertilizantes y tipo de labranza. Para la obtención de los coeficientes genéticos se tomó en cuenta los cultivares híbridos más representativos de la zona y se obtuvieron promedios de acuerdo a reportes de cultivos en los estados. En su determinación se consideró fechas de siembra, floración, madurez y rendimiento del cultivo. De manera general CERES Maize modeló correctamente los rendimientos en los años 1982 (año de calibración), 1983, 1984 y 1985 con porcentajes entre simulado y observado de 92, 97 y 98 % respectivamente.

Pang *et al.* (1997) aplicó el modelo en Davis California, con el objetivo de evaluar láminas de riego y la aplicación de varias dosis de nitrógeno. La información de clima y suelos utilizada fue similar a la del estudio realizado por Hodges (1987), pero los datos de suelo se complementaron con muestreos de conductividad hidráulica y contenido de nitrógeno en los distintos horizontes. Las dosis de nitrógeno analizadas fueron 0, 90, 180, 270 y 360 kg/ha para los años de 1975, 1976 y 1977; los tres niveles de riego fueron 20, 60 y 100 cm de agua para todas las dosis de nitrógeno y durante los tres años evaluados. La comparación entre lo simulado y lo medido dio como resultado una r^2 de 0.936 para el rendimiento de grano y de 0.946 para el consumo de nitrógeno.

Araya *et al.* (2015) realizaron en el suroeste de Etiopía, una comparación de los modelos CERES y APSIM (*Agricultural Production Systems Simulator*) a fin de conocer el efecto del cambio climático sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Para ello utilizaron datos de crecimiento del cultivo entre 2000 y 2009 (días a floración,

días a madurez fisiológica y rendimiento de grano), datos climáticos por más de 30 años y análisis físico y químico de suelos. Para la validación de las variables antes mencionadas, el modelo CERES obtuvo valores de r^2 que variaron entre 0.7 y 0.8, mientras que APSIM obtuvo valores de r^2 entre 0.4 y 0.65. Así, el modelo CERES-maíz, en la plataforma DSSAT, obtuvo mejor ajuste que APSIM para una colección extensa de datos.

3.8 Estudios antecedentes en México

En México se han realizado algunas investigaciones dirigidas a evaluar el cambio climático y calibrar variables de rendimiento y desarrollo fenológico en maíz y trigo.

Conde *et al.* (1997) utilizaron CERES para predecir el efecto del cambio climático sobre el rendimiento de maíz en distintas partes del país. Con base en información climática del servicio meteorológico nacional, crearon escenarios con incrementos de temperatura (+2 y +4 °C) combinados con cambios en precipitación ($\pm 20\%$). El modelo estimó una baja en el rendimiento en escenarios con incremento en temperatura y disminución en la precipitación, excepto para el municipio de Atlacomulco, donde el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación resultó en incrementos en los rendimientos esto debido a que en el lugar existen riesgos de heladas.

Con el modelo CERES-maize, Rojas *et al.* (2011) calibraron datos simulados con observaciones de tiempo a emergencia, índice de área foliar e incremento de materia seca en hoja, tallo y grano. Para ello usaron datos de clima, suelos, manejo y coeficientes genéticos de las variedades híbridas utilizadas a fin de disminuir el cuadrado medio del error (RMSE) y acercar el coeficiente de determinación (r^2) a 1. Como resultado de la calibración el modelo estimó de manera adecuada la materia seca parcial; alcanzando valores de r^2 que oscilaron entre 0.94 y 0.96 para hoja, 0.90 y 0.94 para tallo y, 0.88 y 0.96 para grano.

En el Sur de Nuevo León y en ciclos de cultivo primavera – verano 2007 y 2008, Rodríguez, *et al.* (2010) calibraron y validaron el modelo CERES para las variables



de materia seca parcial en hoja, tallo y grano para una variedad de trigo, una de cebada y tres de triticale. Para todas las variedades el modelo simuló correctamente la acumulación de materia seca en tallo, con coeficientes de variación entre 0.94 y 0.97. La acumulación de materia seca en hoja no fue simulada de manera satisfactoria ya que para tres de las 5 variedades el coeficiente de variación fluctuó entre 0.42 y 0.54, incluso en la cebada tuvo un valor muy bajo de 0.09. Para la acumulación de materia seca en grano el modelo simuló correctamente para trigo y triticale con 0.78 y 0.98, respectivamente. En el caso de cebada el ajuste no fue considerado como bueno al obtenerse una r^2 de 0.58.

3.9 Sensibilidad de variables de entrada en DSSAT

Como se ha mencionado anteriormente la simulación en la plataforma DSSAT se logra integrando información de clima, suelos, manejo y coeficientes genéticos a una serie de rutinas y algoritmos que nos permite conocer el crecimiento de un cultivo en un sistema específico. En un modelo que involucra algoritmos matemáticos, para describir fenómenos físicos, es común la existencia de algunas incertidumbres, como las inherentes a los datos de entrada y en la valoración de los parámetros en los que se basa el modelo para su funcionamiento. No obstante, es fundamental conocer la manera en que influye cada una de las variables sobre el crecimiento y el desarrollo del cultivo. Una manera de esclarecer la forma en la que algunas variables influyen en todo el sistema del modelo es el uso de un análisis de sensibilidad (Wentian *et al.*, 2016).

El análisis de sensibilidad nos permite determinar la tasa de cambio de una variable de salida del modelo en respuesta a cambios en una variable de entrada (Rodríguez y López, 2000). Para medir la sensibilidad de las variables de entrada existen muchos métodos, Hamby (1995) describe varios procedimientos de análisis de sensibilidad para modelos. Frey y Patil (2002) clasifican los distintos métodos en tres categorías: 1) Índices de sensibilidad matemáticos, 2) métodos estadísticos basados en muestreo y 3) métodos gráficos. Algunos métodos calculan la sensibilidad a nivel local (efecto de una sola variable de entrada) y otros a nivel global (efecto de más de una variable de entrada con sus respectivas interacciones).



La elección del método de análisis de sensibilidad depende de la disponibilidad de datos, los rangos de entrada en el modelo y del objetivo general del estudio.

Para CERES Maize los datos de clima y suelo son importantes para estimar el rendimiento de un cultivo, para la función de crecimiento el modelo da gran peso a la radiación solar, la temperatura, la disponibilidad de agua y la cantidad de nitrógeno disponible para el cultivo. Las primeras dos afectan directamente a los estadios fenológicos y las dos restantes representan las principales formas de estrés que limitan el desarrollo del cultivo. Se puede decir que las variables climáticas junto con algunas características del suelo, ligadas con el balance hídrico y la dinámica de nitrógeno, son las que deberían mostrar mayor sensibilidad a pequeños cambios.

Un estudio realizado por Bert *et al.* (2007) mostró que la radiación solar tiene mayor peso que algunas características del suelo. En dicho estudio se evaluó, con respecto al suelo, el contenido de nitrógeno a la siembra, contenido de materia orgánica, capacidad de almacenamiento de agua, contenido de agua a la siembra y curva número, mientras que para el clima se evaluó la radiación solar.

Respecto a las prácticas de manejo, Fang *et al.* (2008) muestran la variación del rendimiento de cultivo con respecto a la fecha de siembra, la densidad de plantación y el espaciamiento entre surcos. La variable que mostró mayor sensibilidad fue la fecha de siembra, con un rango de 10 días (± 5 a la fecha de siembra). Al adelantar la siembra ocurrió una disminución del 57% en el rendimiento, mientras que al aumentar cinco días la fecha inicial de siembra el rendimiento aumentó 22%. La densidad de plantación mostró una variación de rendimiento de 7% en el rango de $\pm 5,000$ plantas por hectárea y la variable que menos variación demostró fue el espaciamiento entre surcos.

Wentian *et al.* (2016) analizaron el contenido de agua en el suelo, prácticas de manejo y dinámica de nitrógeno, concluyeron que el rendimiento de maíz en CERES es altamente sensible a la dosis de fertilización de nitrógeno, la precipitación, la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente) y la fecha de siembra. Maccarthy (2015)

señaló de igual manera que el rendimiento de grano y la formación de biomasa son estadísticamente significativas a diferentes dosis de fertilización de nitrógeno y fósforo, pero especialmente la fertilización nitrogenada es la más influyente en el rendimiento de grano.

Otra forma de medir la sensibilidad que tiene el modelo, a cambios en las variables de entrada, es cuando se analiza la respuesta del rendimiento por cambios en temperaturas y precipitación. Para evaluar estos cambios climáticos se analizan distintos escenarios en los que se modifiquen dichas variables, a groso modo se espera que el incremento de la temperatura y la disminución de la precipitación afecte negativamente en el desarrollo de los estadios fenológicos y consecuentemente el rendimiento de grano (Guo *et al.*, 2010; Lin *et al.*, 2015 y Balderrama *et al.*, 2016).

3.10 Métodos para determinar ajuste del modelo.

La comparación entre las predicciones de los modelos con las observaciones hechas en el mundo real, se deben efectuar usando métodos estadísticos adecuados con un nivel de confianza aceptable, de tal modo que las inferencias hechas sean correctas. A continuación, se describen tres métodos estadísticos que en conjunto permiten conocer la capacidad que tiene el modelo para predecir las observaciones hechas en el mundo real.

3.10.1 Cálculo de regresión lineal y coeficiente de determinación

La recta de ajuste por mínimos cuadrados es aquella que pasa por entre los puntos de la muestra, de tal modo que produce el área total mínima. La recta de regresión tiene una función básica: $\hat{Y} = b_0 + b_1X$

Las expresiones que calculan dichos parámetros son:

$$b_0 = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n (x_i)^2) - [\sum_{i=1}^n x_i][\sum_{i=1}^n x_i y_i]}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - [\sum_{i=1}^n x_i]^2}$$



$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - [\sum_{i=1}^n x_i][\sum_{i=1}^n y_i]}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - [\sum_{i=1}^n x_i]^2}$$

Los parámetros b_0 y b_1 son la ordenada al origen y la pendiente de la recta de regresión y estos minimizan la desviación total de los datos predichos contra los observados. Con esta ecuación de regresión se calculan los valores predichos para la recta de regresión y se calcula el error (diferencia) entre esos valores y los simulados. Hecho esto se calcula el coeficiente de determinación (r^2) mediante la siguiente ecuación

$$r^2 = \frac{S_{y^*}^2}{S_y^2}$$

Donde $S_{y^*}^2$ es la varianza de la regresión y se calcula de la siguiente manera.

$$S_{y^*}^2 = \sum \frac{(y_i^* - \bar{y})^2}{N}$$

S_y^2 Es la suma de la varianza de regresión más la varianza residual

$$S_y^2 = S_{y^*}^2 + S_{r(y/x)}^2$$

La varianza residual se calcula de la siguiente manera

$$S_{r(y/x)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{N}$$

Como podemos ver el valor de r^2 toma valores que van de 0 a 1, indicando cero un ajuste nulo y 1 un ajuste perfecto.

3.10.2 Cuadrado medio del error.

En estadística el cuadrado medio del error (RMSE) es un estimador que como su nombre dice calcula el promedio de los errores, reconoce como error a la diferencia entre lo que se estima y lo que se observa.

La ecuación que define el estimador es la siguiente.

$$RMSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2$$

3.10.3 PBIAS

El PBIAS mide la tendencia de los datos simulados a ser mayores o inferiores a sus homólogos observados. El valor de PBIAS que indicaría un ajuste perfecto sería 0.0 por lo tanto los valores bajos en el indicador indican un buen ajuste. Los valores positivos indican un sesgo de subestimación del modelo y valores negativos indican sobrestimación. La ecuación PBIAS se describe a continuación

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i^{obs} - y_i^{sim}) * (100)}{\sum_{i=1}^n (y_i^{obs})} \right]$$

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Tal y como se mencionó en el apartado 3.5.1 Estructura del DSSAT, para aplicar el modelo Ceres Maize es necesario la incorporación de datos de clima, suelo y manejo. En este capítulo se muestran y describen los datos usados para alimentar el modelo Ceres Maize, así como su origen y las unidades en las que se manejan.

4.1 Datos de manejo

Este estudio se realizó con datos de parcelas demostrativas del Programa Estratégico de Apoyo a la Cadena Productiva de los Productores de Maíz y Frijol (PROMAF) para los años 2009, 2010 y 2011. Las variables utilizadas en este trabajo forman parte de los reportes de campo que realizaron los asesores técnicos adscritos al programa y en los que se encuentran datos de: fechas de siembra, aplicación de fertilizantes, riego, labranza, uso de pesticidas y datos de rendimiento en los distintos sistemas de cultivo. Las variables de entrada necesarias para alimentar el modelo se muestran en el Cuadro 3 y los datos de parcelas utilizadas para alimentar el modelo se presentan en el Anexo 4.

Cuadro 3. Datos de manejo del cultivo requeridos por CERES-maize.



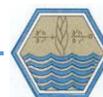
INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN/UNIDADES	Clave
Siembra	Fecha	YRPLT
Arreglo topológico	Uniforme, Surcos o Camas	PLDS
Distancia entre surcos	Cm	ROWSPC
Profundidad de siembra	Cm	SDEPTH
Densidad de plantación	plantas m ⁻²	PLANTS
Labranza	Fecha y tipo de labranza	TDATE/TIMPL
Riego	Fecha, tipo y cantidad de riego	IDLAPL/IRRCOD/AMT
Fertilización	Fecha, nombre fertilizante y cantidad.	FDAY/IFTYPE/APER

4.2 Datos de suelos

La información de suelos utilizada en este estudio se obtuvo de INEGI (2013) y de las muestras de suelo realizadas por Sánchez en 2015. Las variables utilizadas en el modelo se muestran en el Cuadro 4 y la información de suelos ocupada para alimentar el modelo se presenta en el Anexo 3.

Cuadro 4. Datos de suelos requeridos por CERES-maize.

Información	Unidades/descripción	Clave
Color	Adimensional (Amarillo, Rojo, Café, Negro, Gris)	SCOM
Pendiente	%	FLSA
Potencial de escurrimiento	Adimensional (Bajo, moderadamente bajo, alto, muy alto)	SWCON
Profundidad de cada horizonte	Cm	ZLYR(L)
Limo	%	SILT(L)
Arcilla	%	CLAY(L)
Carbón Orgánico	%	OC(L)
pH en agua	Adimensional	PH(L)
Capacidad de intercambio catiónico	cmol Kg ⁻¹	CEC(L)
Nitrógeno Total	%	TOTN(L)
VALORES CALCULADOS		
Curva número de escurrimiento	Adimensional (0-100)	CN2
Albedo	%	SALB
Capacidad de campo		DUL(L)
Punto de marchitez permanente	cm cm ⁻³	LL(L)



Información	Unidades/descripción	Clave
Contenido de agua a saturación	cm cm ⁻³	SAT(L)
Densidad aparente	g cm ⁻³	BD(L)

L: Número de la capa de suelo

4.3 Datos de clima

La información climática diaria se obtuvo de estaciones meteorológicas de CONAGUA (2010), los datos faltantes se obtuvieron de la base de datos climáticos para SWAT que reporta el *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP, 2016). Las variables climáticas y la información utilizada para alimentar el modelo se muestran en el Cuadro 5 y los datos de clima utilizados se muestran en el Anexo 2.

Cuadro 5. Datos de clima requeridos.

Información	Unidades	Clave
Precipitación	Mm	Rain
Radiación Solar	Mj m ² día ⁻¹	SRAD
Temperatura máxima	° C	TMAX
Temperatura mínima	° C	TMIN

4.4 Coeficientes genéticos.

Los días a emergencia, siembra y floración, para los cultivares híbridos, se obtuvieron de las fichas técnicas de la Cooperativa Agropecuaria de la Laguna (CAL, 2014). Para los maíces criollos se tomó en cuenta información del Catálogo de Maíces Nativos de Oaxaca (Aragón, 2006) (Cuadro 6) y del estudio de Complejos Raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Texmelucan, Oaxaca (Chávez, *et al.*, 2011).

Cuadro 6. Caracterización de cultivares criollos en la Mixteca oaxaqueña (Aragón, 2006).

Raza	Chalqueño	Cónico	Olotón	Mushito
Días a floración masculina	111	95	114	110
Días a floración femenina	116	101	121	116
Hileras por mazorca	14	13	13	12
Granos por hilera	37	30	30	34

4.5 Caracterización de los cultivares

De acuerdo a los datos de las SAGARPA (2015), para las semillas de Asgrow en la región los días a floración femenina es de 81, mientras que los días a floración femenina es de 161, por lo que se cuidó que la duración de estas etapas fenológicas fuera cercanos a dichos valores. Para el caso de los maíces criollos se tomó en cuenta un valor promedio de todos los cultivares antes mencionados, quedando el ciclo de 95 días a floración masculina y 195 días a floración femenina (Aragón, 2006; Chávez *et al.*, 2011). Para esta información se calibraron los cultivares criollos e híbridos de acuerdo a los coeficientes genéticos presentes en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Coeficientes genéticos para cultivares criollos e híbridos evaluados.

Descripción	Clave	Híbrido	Criollo
Tiempo térmico, desde la emergencia hasta el final de la fase juvenil	P1	220	185
Días de retraso por cada hora de aumento al fotoperiodo	P2	0.6	0.2
Tiempo térmico, desde la floración femenina a la madurez fisiológica	P5	550	585
Máximo número de granos por planta	G2	890	480
Tasa de llenado de grano en condiciones ópticas	G3	10.8	7.85
Tiempo térmico entre apariciones de hojas sucesivas	PHINT	42	38

4.6 Calibración del modelo

Para conocer los alcances y limitaciones que tiene el modelo CERES es necesario cuantificar su nivel de predicción al estimar los rendimientos de maíz a través de la calibración de parámetros y validación de resultados.

De acuerdo con Pérez *et al.* (2006), la calibración es la estimación y ajuste de los parámetros del modelo para mejorar la concordancia entre la información de salida (valores simulados) y un conjunto de datos de referencia (valores medidos). En este estudio la calibración consistió en el ajuste de coeficientes genéticos (P1, P2, P5, G2, G3 y PHINT) de un cultivar de maíz para climas tropicales, para así acoplar el cálculo de los rendimientos a las condiciones de la Mixteca. La descripción del proceso de calibración en DSSAT se detalla en el Anexo 1.

En total se incluyó información de 58 parcelas, distribuidas principalmente en la zona sureste de la región mixteca (Figura 5). A cada parcela estudiada le corresponde una estación meteorológica (Cuadro 8) y una unidad de suelo (Cuadro 9).

Cuadro 8. Estaciones meteorológicas usadas en DSSAT.

ESTACIÓN	CLAVE	X	Y	FUENTE	TIPO	AÑOS USADOS
CHALCATONGO	CHN	17.02	-97.50	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2009, 2010 Y 2011
NOCHIXTLÁN	NXE	17.43	-97.25	SMN EMAS	ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA	2011
NOCHIXTLÁN	NXN	17.40	-97.19	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2010
ETLATONGO	ETL	17.42	-97.27	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2009



TEOJOMULCO		16.60	-97.20	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2011
TILANTONGO	TIL	17.29	-97.37	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2010
YODOCONO	YOD	17.38	-97.36	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2009
ZAACHILA	ZAA	16.97	-96.82	SMN	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	2009

Cuadro 9. Unidades de suelo utilizadas en DSSAT.

SUELO	X	Y	FUENTE	CLAVE
1	-97.288	17.029	Sánchez, 2015	S1
2	-97.222	17.434	Sánchez, 2015	S2
3	-97.095	17.043	Sánchez, 2015	S3
4	-97.547	17.019	Sánchez, 2015	S4
6	-97.344	17.11	Sánchez, 2015	S6
9	-97.52	17.13	Sánchez, 2015	S9
10	-97.657	16.893	Sánchez, 2015	S10
13	-97.434	17.217	Sánchez, 2015	S13
14	-97.557	17.071	Sánchez, 2015	S14
15	-97.277	17.478	Sánchez, 2015	S15
16	-97.313	17.464	Sánchez, 2015	S16
19	-97.288	17.558	Sánchez, 2015	S19
20	-97.272	17.535	Sánchez, 2015	S20
21	-97.577	17.358	Sánchez, 2015	S21
Nuxaa	-97.056	17.144	INEGI	NUX
Tezoatlán	-97.851	17.549	INEGI	TEZ
Pereas	-96.989	16.932	INEGI	PER
Tlapacoyan	-97.492	16.813	INEGI	TLA



Figura 5. Localización de Parcelas demostrativas PROMAF.

A cada parcela se le asignó la estación meteorológica más cercana. Para la asignación de las características del perfil de suelo se consideró la unidad y los datos del perfil de suelo reportados para dicha unidad edafológica. La correspondencia entre parcelas y suelo se describe en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Correspondencia entre parcelas, tipo de suelo y estación meteorológica para calibración del modelo.

Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P102000361	17.46	-97.28	2010	NXE	S15	Híbrido
P102000362	17.46	-97.27	2010	NXE	S15	Híbrido
P102000363	17.46	-97.28	2010	NXN	NUX	Híbrido
P102000364	17.47	-97.27	2010	NXN	NUX	Híbrido
P102000365	17.48	-97.27	2010	NXE	S15	Híbrido
P102000411	17.45	-97.3	2010	ETL	S1	Híbrido
P102000412	17.45	-97.31	2010	ETL	S1	Híbrido
P102000413	17.45	-97.31	2010	ETL	S16	Híbrido
P102000414	17.45	-97.31	2010	ETL	S16	Híbrido
P102000415	17.45	-97.3	2010	NXN	S1	Híbrido



Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P102000366	17.48	-97.28	2010	NXN	S15	Híbrido
P102000367	17.48	-97.27	2010	NXN	S15	Híbrido
P102000368	17.5	-97.32	2010	NXN	S15	Híbrido
P102000369	17.5	-97.32	2010	NXN	S15	Híbrido
P102000370	17.51	-97.33	2010	ETL	S15	Híbrido
P102000416	17.45	-97.3	2010	NXN	S15	Híbrido
P102000417	17.5	-97.33	2010	NXN	S19	Híbrido
P102000418	17.48	-97.31	2010	NXN	S19	Híbrido
P102000419	17.47	-97.3	2010	NXN	S19	Híbrido
P102000420	17.48	-97.31	2010	NXN	S15	Híbrido
P112000364	17.45	-97.27	2011	NXN	S15	Híbrido
P112000367	17.44	-97.28	2011	NXN	S15	Híbrido
P112000374	17.45	-97.27	2011	NXN	S15	Híbrido
P112000377	17.44	-97.28	2011	NXN	S15	Híbrido
P112000384	17.45	-97.27	2011	NXN	S15	Híbrido
P112000387	17.44	-97.28	2011	NXN	S15	Híbrido
P92000152	17.3	-97.48	2009	YOD	S21	Criollo
P92000153	17.3	-97.48	2009	YOD	S21	Criollo
P92000155	17.3	-97.48	2009	YOD	S21	Criollo
P92000157	17.29	-97.49	2009	YOD	S21	Criollo
P92000158	17.29	-97.49	2009	YOD	S21	Criollo
P92000159	17.29	-97.49	2009	YOD	S21	Criollo
P92000160	17.29	-97.49	2009	YOD	S21	Criollo
P92000962	17.3	-97.48	2009	YOD	S6	Criollo
P92000963	17.3	-97.48	2009	YOD	S6	Criollo
P92000964	17.3	-97.48	2009	YOD	S6	Criollo
P92000965	17.3	-97.48	2009	YOD	S6	Criollo
P92000966	17.29	-97.48	2009	YOD	S6	Criollo
P92000967	17.29	-97.49	2009	YOD	S6	Criollo
P92000968	17.29	-97.49	2009	YOD	S6	Criollo
P92000969	17.29	-97.49	2009	YOD	S6	Criollo
P92000970	17.29	-97.49	2009	YOD	S6	Criollo
P102000291	17.29	-97.49	2010	TIL	S1	Criollo
P102000292	17.3	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo
P102000293	17.31	-97.47	2010	TIL	S1	Criollo
P102000294	17.3	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo
P102000295	17.3	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo
P102000296	17.3	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo
P102000297	17.31	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo
P102000298	17.3	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo
P102000299	17.3	-97.48	2010	TIL	S1	Criollo



Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P102000300	17.31	-97.47	2010	TIL	S1	Criollo
P112000369	17.34	-97.29	2011	NXN	S2	Criollo
P112000379	17.34	-97.29	2011	NXN	S2	Criollo
P112000389	17.34	-97.29	2011	NXN	S2	Criollo
P112000368	17.34	-97.27	2011	NXN	TEZ	Criollo
P112000378	17.34	-97.27	2011	NXN	TEZ	Criollo
P112000388	17.34	-97.27	2011	NXN	TEZ	Criollo

4.7 Validación del modelo

La validación es la demostración de que el modelo es aceptable para su uso y consiste en comparar los datos simulados y los datos obtenidos por observación o medición directa. (Barrales, 2004 y Pérez *et al.*, 2006). Para realizar la validación se simuló y calculó el rendimiento de 126 parcelas (distintas a las utilizadas en la calibración) utilizando los coeficientes genéticos ajustados de cultivares híbridos y criollos. Para este procedimiento se asignaron tipos de suelo y estaciones meteorológicas siguiendo los mismos criterios de cercanía (Figura 6) y correspondencia de unidades edáficas, la asignación de suelo y estaciones se muestran en el *Cuadro 11*.

Cuadro 11. Correspondencia entre parcelas, tipo de suelo y estación meteorológica para validación del modelo.

Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P92000981	17.47	-97.28	2009	ETL	S2	Híbrida
P92000982	17.46	-97.28	2009	ETL	S2	Híbrida
P92000983	17.46	-97.27	2009	ETL	S2	Híbrida
P92000984	17.46	-97.28	2009	ETL	S6	Híbrida
P92000985	17.47	-97.27	2009	ETL	S2	Híbrida
P92000986	17.48	-97.27	2009	ETL	S6	Híbrida
P92000987	17.49	-97.27	2009	ETL	S15	Híbrida
P92000988	17.48	-97.27	2009	ETL	S15	Híbrida
P92000989	17.48	-97.28	2009	ETL	S6	Híbrida
P92000990	17.48	-97.27	2009	ETL	S2	Híbrida
P112001042	17.52	-97.28	2011	NXN	S20	Híbrida
P102000421	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida



Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P102000422	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000423	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000424	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000425	17.46	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000426	17.46	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000427	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000428	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000429	17.45	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000430	17.46	-97.27	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000366	17.48	-97.28	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000367	17.48	-97.27	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000368	17.5	-97.32	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000369	17.5	-97.32	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000370	17.51	-97.33	2010	NXN	S6	Híbrida
P102000416	17.45	-97.3	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000417	17.5	-97.33	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000418	17.48	-97.31	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000419	17.47	-97.3	2010	NXN	S15	Híbrida
P102000420	17.48	-97.31	2010	NXN	S15	Híbrida
P112001043	17.47	-97.27	2011	NXN	S6	Híbrida
P112001044	17.46	-97.27	2011	NXN	S6	Híbrida
P112001045	17.46	-97.27	2011	NXN	S6	Híbrida
P112001048	17.48	-97.26	2011	NXN	S15	Híbrida
P112001049	17.43	-97.26	2011	NXN	S15	Híbrida
P92000531	17.17	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000532	17.18	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000533	17.18	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000534	17.17	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000535	17.17	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000536	17.17	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000537	17.18	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000538	17.17	-97.28	2009	YOD	S13	Criolla
P92000539	17.18	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000540	17.17	-97.27	2009	YOD	S13	Criolla
P92000003	17.06	-97.07	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000004	17.06	-97.09	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000005	17.06	-97.09	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000006	17.02	-97.1	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000007	17.02	-97.1	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000009	17.06	-97.08	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000010	17.03	-97.11	2009	ZAA	S3	Criolla



Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P92000021	17.11	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000022	17.1	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000023	17.09	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000024	17.11	-97.51	2009	CHN	S9	Criolla
P92000025	17.13	-97.52	2009	CHN	S9	Criolla
P92000027	17.11	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000028	17.12	-97.49	2009	CHN	S9	Criolla
P92000051	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000052	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000053	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000054	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000151	17.3	-97.48	2009	YOD	S19	Criolla
P92000154	17.3	-97.48	2009	YOD	S19	Criolla
P92000156	17.29	-97.48	2009	YOD	S19	Criolla
P92000764	17.09	-97.49	2009	CHN	S9	Criolla
P92000766	17.09	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000767	17.14	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000768	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000961	17.3	-97.48	2009	YOD	S19	Criolla
P92001121	16.88	-97.18	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001122	16.89	-97.18	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001123	16.89	-97.17	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001124	16.87	-97.19	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001125	16.88	-97.17	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001126	16.88	-97.18	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001127	16.88	-97.19	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001128	16.84	-97.14	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001129	16.82	-97.12	2009	ZAA	PER	Criolla
P92001130	16.85	-97.14	2009	ZAA	PER	Criolla
P92000001	17.04	-97.12	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000002	17.06	-97.07	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000008	17.03	-97.09	2009	ZAA	S3	Criolla
P92000026	17.12	-97.52	2009	CHN	S9	Criolla
P92000029	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000030	17.12	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000765	17.1	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000769	17.14	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla
P92000770	17.12	-97.49	2009	CHN	S9	Criolla
P92000761	17.12	-97.51	2009	CHN	S9	Criolla
P92000762	17.12	-97.49	2009	CHN	S9	Criolla
P92000763	17.09	-97.5	2009	CHN	S9	Criolla



Id Productor	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Año	Estación	Suelo	Variedad
P102000251	17.26	-97.23	2010	TIL	S2	Criolla
P102000252	17.23	-97.23	2010	TIL	S6	Criolla
P102000253	17.26	-97.22	2010	TIL	S2	Criolla
P102000254	17.26	-97.23	2010	TIL	S2	Criolla
P102000255	17.23	-97.23	2010	TIL	S6	Criolla
P102000256	17.25	-97.24	2010	TIL	S6	Criolla
P102000257	17.26	-97.24	2010	TIL	S2	Criolla
P102000258	17.26	-97.22	2010	TIL	S2	Criolla
P102000259	17.26	-97.23	2010	TIL	S2	Criolla
P102000260	17.25	-97.23	2010	TIL	S2	Criolla
P102000321	17.3	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000322	17.31	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000323	17.31	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000324	17.32	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000325	17.32	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000326	17.33	-97.48	2010	CHN	S6	Criolla
P102000327	17.31	-97.48	2010	CHN	S6	Criolla
P102000328	17.31	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000329	17.32	-97.49	2010	CHN	S6	Criolla
P102000330	17.33	-97.47	2010	CHN	S6	Criolla
P112000271	16.94	-97.54	2011	CHN	S4	Criolla
P112000272	17.02	-97.58	2011	CHN	S4	Criolla
P112000273	17.04	-97.56	2011	CHN	S4	Criolla
P112000274	16.97	-97.62	2011	CHN	S4	Criolla
P112000275	16.97	-97.61	2011	CHN	S4	Criolla
P112000276	16.96	-97.58	2011	CHN	S4	Criolla
P112000277	17.04	-97.59	2011	CHN	S14	Criolla
P112000278	17.02	-97.57	2011	CHN	S4	Criolla
P112000279	16.95	-97.61	2011	CHN	S10	Criolla
P112000280	16.96	-97.59	2011	CHN	S4	Criolla
P112000434	16.51	-97.86	2011	TEO	PER	Criolla
P112000438	16.5	-97.85	2011	NXE	TLA	Criolla

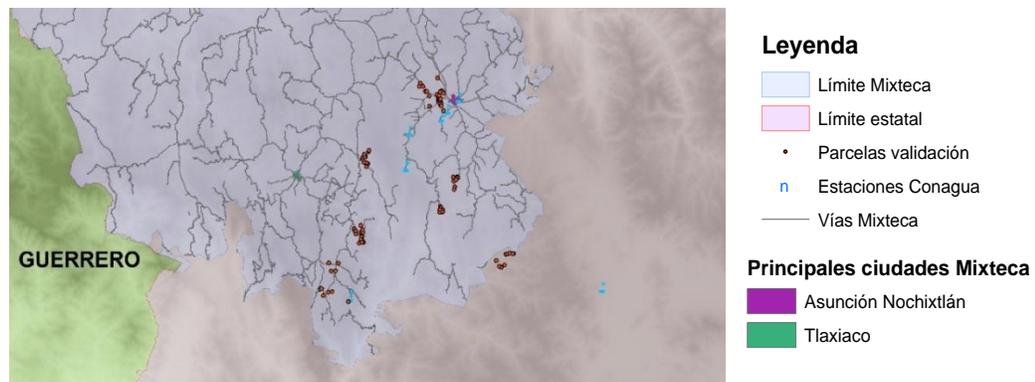


Figura 6. Cercanía de parcelas con estaciones meteorológicas para validación

5. RESULTADOS

Dentro de la plataforma DSSAT la calibración y validación del modelo Ceres Maize mostró tener de manera general un grado de ajuste bueno tomando como base los estimadores estadísticos r cuadrada (r^2), cuadrado medio del error (RMSE) Y PBIAS. Dentro del siguiente capítulo se muestra mediante tablas y figuras los resultados de calibración y validación, al igual se hace mención de la sensibilidad de las variables de entrada del modelo, las cuáles se obtuvieron mediante el análisis de diversas corridas en la que se usaron valores umbrales de: dosis de fertilización, fechas de siembra, variación de temperaturas y radiación. Dentro del apartado de análisis de resultados se aplicaron distintos escenarios de manejo para observar su efecto en la reducción de estrés hídrico y nutrimental.

5.1 Calibración

Los resultados de la calibración se basan en una comparación entre los valores reportados, por la base de datos de PROMAF, y el valor simulado por el modelo DSSAT (Cuadro 12). La calidad del ajuste se mide con referencia a los parámetros de la regresión lineal, que se muestra en el Cuadro 13. En forma gráfica la comparación resulta en una línea recta que en caso de un ajuste perfecto los valores simulados y medidos tendría una inclinación de 45° . La recta de regresión resultante para las variedades híbridas se muestra en la Figura 7 y para las criollas en la Figura 8. De este análisis resultó que la calibración tuvo un ajuste bueno ya que presentó un índice de ajuste de 0.94 para híbridos y 0.86 para criollos.

Los valores ajustados de los parámetros fisiotécnicos se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 12. Resultados de calibración



PARCELA	Año	Cultivar	Rendimientos medidos	Rendimientos simulados
			(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
P102000361	2010	Híbrida	6560	6295
P102000362	2010	Híbrida	10000	8179
P102000363	2010	Híbrida	8700	8542
P102000364	2010	Híbrida	6600	7690
P102000365	2010	Híbrida	3000	3604
P102000411	2010	Híbrida	7060	7136
P102000412	2010	Híbrida	5110	5898
P102000413	2010	Híbrida	6730	5966
P102000414	2010	Híbrida	7100	6948
P102000415	2010	Híbrida	7300	6768
P112000364	2011	Híbrida	3650	3450
P112000367	2011	Híbrida	3818	3787
P112000374	2011	Híbrida	3087	2767
P112000377	2011	Híbrida	3245	2953
P112000384	2011	Híbrida	3296	3034
P112000387	2011	Híbrida	5308	5490
P102000366	2010	Híbrida	2706	2156
P102000367	2010	Híbrida	2496	2032
P102000368	2010	Híbrida	2664	2119
P102000369	2010	Híbrida	2576	2351
P102000370	2010	Híbrida	4200	3722
P102000416	2010	Híbrida	3650	3655
P102000417	2010	Híbrida	4200	3722
P102000418	2010	Híbrida	3650	3655
P102000419	2010	Híbrida	4200	3722
P102000420	2010	Híbrida	3650	3655
P92000152	2009	Criolla	3600	2891
P92000153	2009	Criolla	3240	2519
P92000155	2009	Criolla	3100	2632
P92000157	2009	Criolla	2700	2950
P92000158	2009	Criolla	3100	3005
P92000159	2009	Criolla	3290	2956
P92000160	2009	Criolla	3700	3158
P92000962	2009	Criolla	3600	3532
P92000963	2009	Criolla	3240	3481
P92000964	2009	Criolla	3640	3482
P92000965	2009	Criolla	3100	3495
P92000966	2009	Criolla	3790	3373
P92000967	2009	Criolla	2700	2753
P92000968	2009	Criolla	3100	3625
P92000969	2009	Criolla	3290	3141



PARCELA	Año	Cultivar	Rendimientos medidos	Rendimientos simulados
			(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
P92000970	2009	Criolla	3700	2890
P102000291	2010	Criolla	2400	1471
P102000292	2010	Criolla	2300	1586
P102000293	2010	Criolla	2450	1519
P102000294	2010	Criolla	2400	1190
P102000295	2010	Criolla	2500	1603
P102000296	2010	Criolla	2250	1511
P102000297	2010	Criolla	2400	1538
P102000298	2010	Criolla	2200	1575
P102000299	2010	Criolla	2550	1603
P102000300	2010	Criolla	2450	1343
P112000369	2011	Criolla	1000	827
P112000379	2011	Criolla	1000	1265
P112000389	2011	Criolla	1000	827
P112000368	2011	Criolla	900	1026
P112000378	2011	Criolla	900	1026
P112000388	2011	Criolla	900	1026

Cuadro 13. Coeficientes de regresión e índice de bondad de ajuste para calibración.

Cultivar	b0	b1	r ²
Híbrido	0	0.94	0.94
Criollo	0	0.91	0.86

Cuadro 14. Coeficientes genéticos ajustados.

Parámetro	Descripción	Rango (DSSAT)	Rangos literatura ²	Híbrido	Criollo
P1	Tiempo térmico de emergencia a etapa juvenil	110 - 458	220	220	185
P2	Días de retraso por cada hora de aumento al fotoperiodo	0 - 2	0.45	0.6	0.2
P5	Tiempo térmico de floración a madurez fisiológica	390 - 720	680	550	585
G2	Máximo número de granos por planta	248 - 1170	510	890	480
G3	Tasa de llenado en condiciones óptimas	4.8 - 16.5	8	10.8	7.85
PHINT	Tiempo térmico entre aparición de hojas sucesivas.	35 - 75	40	42	38

² Coeficientes genéticos reportados por Rasse et al., (2000); López et al., (2005) y Hernández et al., (2009).

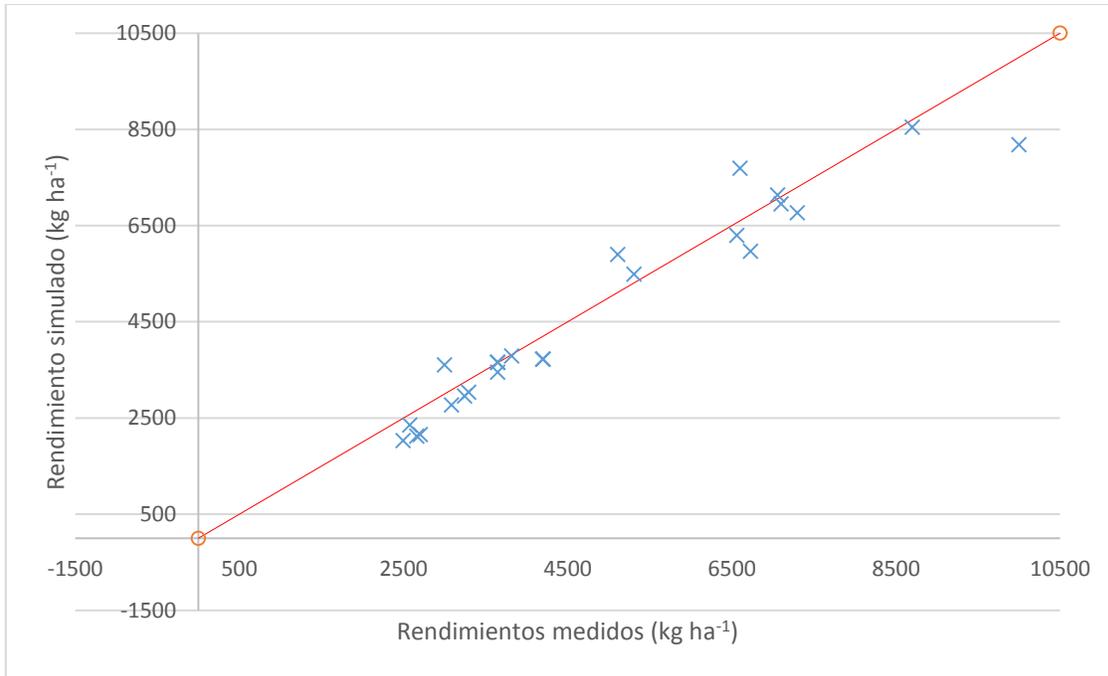


Figura 7. Comparación de rendimientos medidos y calibrados para variedades híbridas

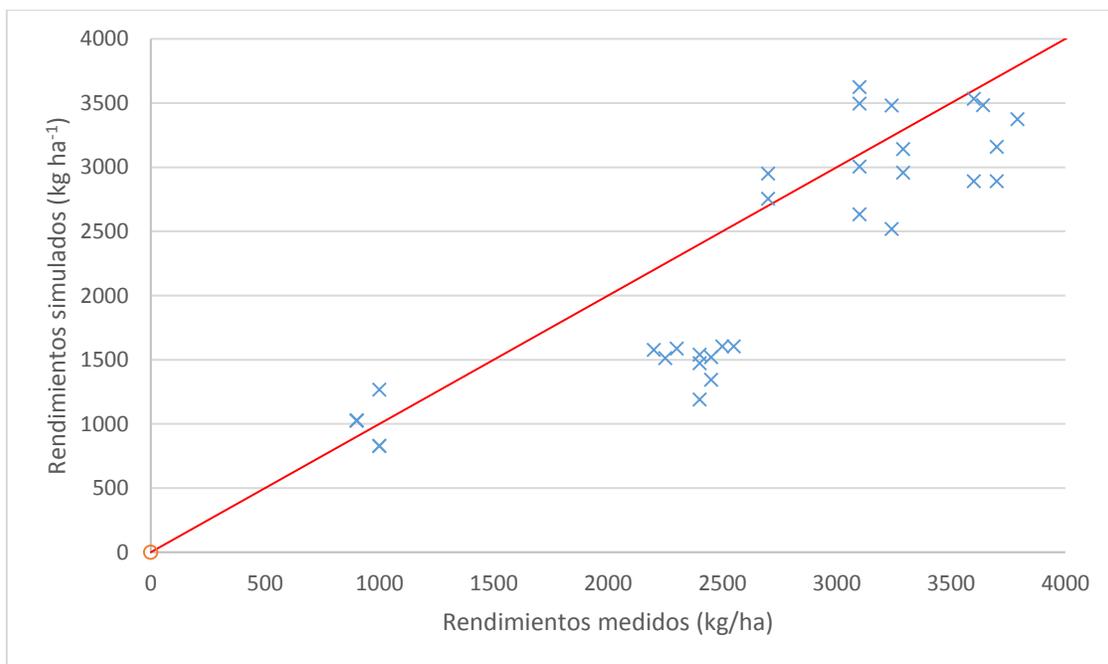


Figura 8. Comparación de rendimientos medidos y calibrados para variedades criollas.



5.2 Validación

Los resultados de la validación del modelo (Cuadro 15), muestran un coeficiente de determinación bueno para híbridos y aceptable para criollos (Cuadro 16). Se puede afirmar que el modelo simuló y calculó de manera satisfactoria los rendimientos. Para cultivares híbridos se aprecia que la mayor cantidad de puntos de dispersión (Figura 9) se encuentran por debajo de la recta de regresión, mientras que para criollos (Figura 10) la dispersión es mayor sobre todo cuando se trata de rendimientos altos.

Cuadro 15. Comparación entre rendimientos simulados y medidos en el proceso de validación.

ID PRODUCTOR	AÑO	Nombre Semilla	Rendimientos medidos (kg ha ⁻¹)	Rendimientos simulados (Kg ha ⁻¹)
P92000981	2009	Híbrida	4500	4771
P92000982	2009	Híbrida	6500	6303
P92000983	2009	Híbrida	7000	6236
P92000984	2009	Híbrida	6500	5790
P92000985	2009	Híbrida	4500	4807
P92000986	2009	Híbrida	6600	5258
P92000987	2009	Híbrida	6000	5181
P92000988	2009	Híbrida	6500	5665
P92000989	2009	Híbrida	5500	4710
P92000990	2009	Híbrida	6500	6684
P102000421	2010	Híbrida	5600	5082
P102000422	2010	Híbrida	4580	3560
P102000423	2010	Híbrida	4490	2917
P102000424	2010	Híbrida	4580	2926
P102000425	2010	Híbrida	4490	2944
P102000426	2010	Híbrida	4490	2797
P102000427	2010	Híbrida	4490	3589
P102000428	2010	Híbrida	4250	2944
P102000429	2010	Híbrida	4390	2944
P102000430	2010	Híbrida	4400	3930
P102000366	2010	Híbrida	4400	2797
P102000367	2011	Híbrida	3800	3450
P102000368	2012	Híbrida	4000	3787
P102000369	2013	Híbrida	3000	2767
P102000370	2014	Híbrida	3220	2953
P102000416	2015	Híbrida	3850	3915
P102000417	2016	Híbrida	7530	5490



ID PRODUCTOR	AÑO	Nombre Semilla	Rendimientos medidos (kg ha⁻¹)	Rendimientos simulados (Kg ha⁻¹)
P102000418	2017	Híbrida	2580	2156
P102000419	2018	Híbrida	2830	2032
P102000420	2019	Híbrida	2890	2119
P112001042	2011	Híbrida	2200	2351
P112001043	2011	Híbrida	6560	5552
P112001044	2011	Híbrida	6770	6544
P112001045	2011	Híbrida	6380	6297
P112001048	2011	Híbrida	3120	3856
P112001049	2011	Híbrida	4690	6282
P92000531	2009	Criolla	2000	1719
P92000532	2009	Criolla	1900	1723
P92000533	2009	Criolla	2000	1719
P92000534	2009	Criolla	2000	1767
P92000535	2009	Criolla	1500	1740
P92000536	2009	Criolla	1800	1731
P92000537	2009	Criolla	1300	1767
P92000538	2009	Criolla	1400	1719
P92000539	2009	Criolla	1400	1769
P92000540	2009	Criolla	1400	1740
P92000003	2009	Criolla	500	696
P92000004	2009	Criolla	600	1160
P92000005	2009	Criolla	600	1210
P92000006	2009	Criolla	1200	635
P92000007	2009	Criolla	1000	1009
P92000009	2009	Criolla	1400	1220
P92000010	2009	Criolla	400	825
P92000021	2009	Criolla	600	469
P92000022	2009	Criolla	500	1186
P92000023	2009	Criolla	700	483
P92000024	2009	Criolla	400	888
P92000025	2009	Criolla	1100	696
P92000027	2009	Criolla	800	474
P92000028	2009	Criolla	800	1027
P92000051	2009	Criolla	1000	1695
P92000052	2009	Criolla	1000	3360
P92000053	2009	Criolla	2000	3859
P92000054	2009	Criolla	3000	1644
P92000151	2009	Criolla	3000	1829
P92000154	2009	Criolla	3000	1738
P92000156	2009	Criolla	3000	1768
P92000764	2009	Criolla	450	990



ID PRODUCTOR	AÑO	Nombre Semilla	Rendimientos medidos (kg ha⁻¹)	Rendimientos simulados (Kg ha⁻¹)
P92000766	2009	Criolla	1000	794
P92000767	2009	Criolla	400	647
P92000768	2009	Criolla	700	656
P92000961	2009	Criolla	3000	1659
P92001121	2009	Criolla	2900	3334
P92001122	2009	Criolla	2740	3420
P92001123	2009	Criolla	2800	4620
P92001124	2009	Criolla	2600	2171
P92001125	2009	Criolla	2900	3678
P92001126	2009	Criolla	2800	3368
P92001127	2009	Criolla	3000	2638
P92001128	2009	Criolla	2000	681
P92001129	2009	Criolla	1900	618
P92001130	2009	Criolla	3900	3291
P92000001	2009	Criolla	500	792
P92000002	2009	Criolla	400	776
P92000008	2009	Criolla	650	918
P92000026	2009	Criolla	900	496
P92000029	2009	Criolla	700	497
P92000030	2009	Criolla	750	498
P92000765	2009	Criolla	400	822
P92000769	2009	Criolla	700	889
P92000770	2009	Criolla	800	1327
P92000761	2009	Criolla	800	567
P92000762	2009	Criolla	1200	1012
P92000763	2009	Criolla	900	495
P102000251	2010	Criolla	3590	3183
P102000252	2010	Criolla	3500	3717
P102000253	2010	Criolla	3590	1770
P102000254	2010	Criolla	3590	3602
P102000255	2010	Criolla	3590	4202
P102000256	2010	Criolla	3400	4479
P102000257	2010	Criolla	3400	3431
P102000258	2010	Criolla	3400	3500
P102000259	2010	Criolla	3400	4118
P102000260	2010	Criolla	3400	4014
P102000321	2010	Criolla	2500	2255
P102000322	2010	Criolla	2010	2004
P102000323	2010	Criolla	2120	2636
P102000324	2010	Criolla	3510	2428
P102000325	2010	Criolla	2940	2132



ID PRODUCTOR	AÑO	Nombre Semilla	Rendimientos medidos (kg ha ⁻¹)	Rendimientos simulados (Kg ha ⁻¹)
P102000326	2010	Criolla	2590	2053
P102000327	2010	Criolla	3320	2078
P102000328	2010	Criolla	2140	2232
P102000329	2010	Criolla	2150	2223
P102000330	2010	Criolla	2680	2092
P112000271	2011	Criolla	900	743
P112000272	2011	Criolla	1100	1450
P112000273	2011	Criolla	1400	712
P112000274	2011	Criolla	1500	871
P112000275	2011	Criolla	1200	739
P112000276	2011	Criolla	1300	995
P112000277	2011	Criolla	1200	735
P112000278	2011	Criolla	1000	790
P112000279	2011	Criolla	900	812
P112000280	2011	Criolla	950	690
P112000434	2011	Criolla	2500	1838
P112000438	2011	Criolla	2780	2899

Cuadro 16. Coeficientes de regresión e índice de bondad de ajuste para validación.

Cultivar	b0	b1	r ²
Hibrido	0	0.88	0.77
Criollo	0	0.84	0.62

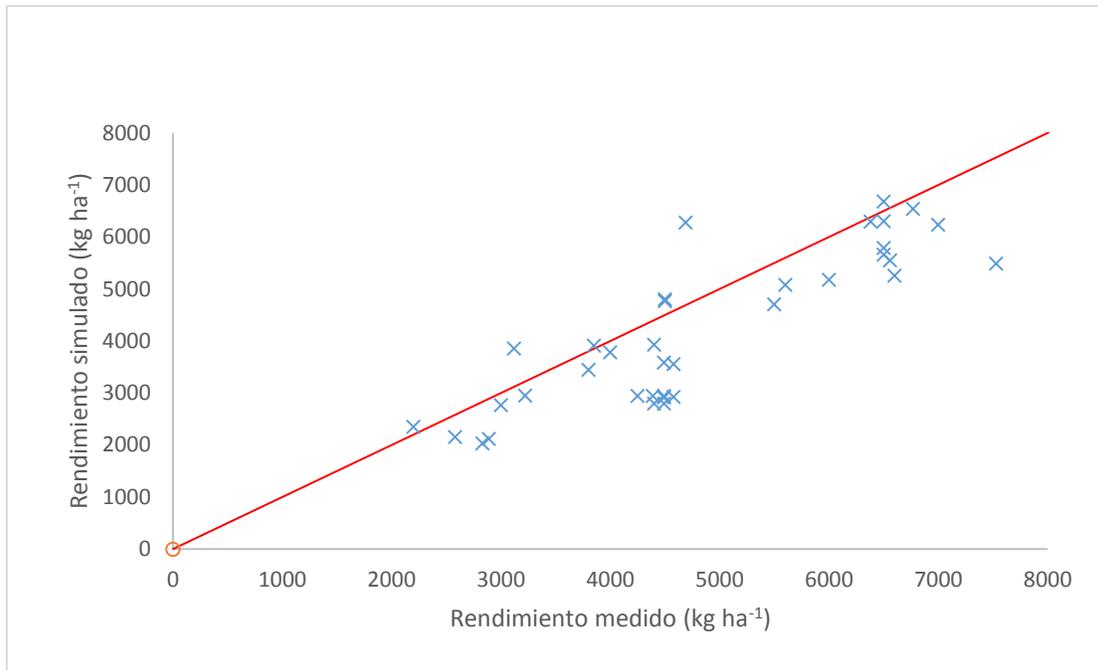


Figura 9. Comparación de rendimientos medidos y simulados (validación) para variedades híbridas

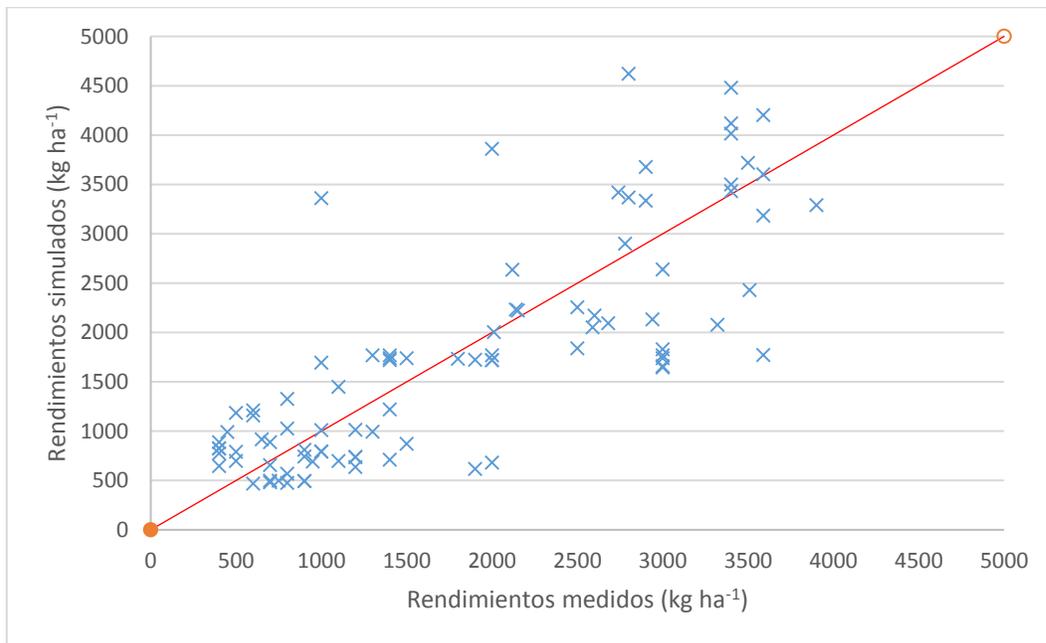


Figura 10. Comparación de rendimientos medidos y simulados (validación) para variedades criollas.

Los resultados anteriores nos muestran que las parcelas con variedades híbridas tuvieron mejor ajuste que las parcelas con variedades criollas (Cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados de estimadores estadísticos.

Cultivar	r^2	RMSE	PBIAS
Híbrido(Calibración)	0.94	567.11	4.22
Criollo (Calibración)	0.86	601.58	14.15
Híbrido (Validación)	0.77	976.65	12.83
Criollo (Validación)	0.62	698.74	2.64

Los valores calculados de r^2 muestran evidencia estadística que el modelo tuvo un ajuste bueno para ambos tipos de cultivares (0.93 para híbridos y 0.73 para criollos) en el proceso de calibración, un ajuste bueno para los cultivares híbridos y un ajuste aceptable para los cultivares criollos (0.74 y 0.59 respectivamente), en el proceso de validación. La validación de cultivares híbridos obtuvieron valores más altos de RMSE y PBIAS que los criollos, lo que indicaría mejor ajuste para los segundos sin embargo esto se puede explicar como un efecto del número de datos (parcelas) que se ocuparon en estos procesos, ya que al utilizarse m en la calibración el error se reduce considerablemente, cuanto más grande sea el tamaño de la muestra, las estimaciones serán más precisas y con menor riesgo de error (Frías *et al.*,2000).

Los resultados muestran evidencia de que los maíces híbridos presentan un buen ajuste (r^2 0.74), esto coincide con los estudios realizados por Yang *et al.* (2006), Asadi *et al.* (2003) y Ben *et al.* (2000) que obtuvieron coeficientes de determinación entre 0.80 a 0.94, 0.97 y 0.96, respectivamente, en la calibración de cultivares híbridos.

Por otro lado, los cultivares criollos mostraron menor ajuste (r^2 0.59) esto coincide con los datos mostrados por Rasse *et al.* (2000) en el que comparó el ajuste de simulación entre un cultivar nativo y un híbrido, obteniendo una r^2 de 0.50 y 0.83 respectivamente. Esto lo podemos explicar como parte de la diversidad genética (Rasse *et al.*, 2000) que se presenta en los maíces criollos, ya que no es posible hablar de una variedad pura. Por ejemplo, Herrera *et al.* (2015) para la raza chalqueño identificó, en cuatro municipios del estado de México, diez grupos con

características morfológicas distintas. En la práctica, además de las cruza naturales entre las poblaciones, también existe una selección dirigida y específica de cada productor para mejorar la adaptabilidad del grano a sus condiciones locales.

PBIAS es positivo en cada uno de los procesos y esto indica subestimación del modelo en el cálculo de rendimientos, esto concuerda con los estudios realizados por Asadi et al., (2003) quienes encontraron que Ceres subestimaba rendimientos en la parcela control (0 kg de N ha⁻¹); Chisanga et al., (2015) demostraron que Ceres subestimaba los rendimientos en rangos que iban del 8% al 19% en todos sus tratamientos y Raymond et al (2009), demostró que Ceres maize subestimaba ligeramente el rendimiento de maíz al obtener una pendiente de 0.98 en la recta de regresión.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.3.1 Análisis de sensibilidad

Con base en la literatura citada y a la información disponible para alimentar el modelo se realizó la prueba de análisis de sensibilidad (Cuadro 18) para las variables de: fertilización con nitrógeno, fertilización con fósforo, fertilización con potasio, fechas de siembra, radiación y temperatura. En dicho análisis se eligieron las parcelas con cultivares híbridos, que fueron las que obtuvieron mejor ajuste entre rendimientos medidos y simulados. Los cambios realizados en los valores originales, de entrada, se hicieron en un rango de $\pm 10\%$ de los valores originales reportados por las normales climatológicas y las parcelas del PROMAF.

Cuadro 18. Rendimientos para análisis de sensibilidad.

Concepto	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Diferencia (Kg ha ⁻¹)
Base	4622.19	
Menos 10 % Nitrógeno	4367.04	-255.15
Más 10% de nitrógeno	5068.58	446.38



menos 10 % P	4622.19	0.00
Más 10 % P	4622.19	0.00
Menos 10% K	4622.19	0.00
Más 10 % K	4622.19	0.00
Fecha de siembra menos 5	5070.81	448.62
fechas de siembra más 5 días	4162.38	-459.81
Temperatura -1°C	2679.38	-1942.81
Temperatura +1°C	5110.35	488.15
Radiación -10 %	4540.96	-81.23
Radiación +10%	4741.46	119.27

Los datos de la tabla nos muestran que para este caso las variables que mostraron mayor sensibilidad fueron (en orden de importancia): temperatura, fecha de siembra, aplicación de nitrógeno y radiación solar. Para conocer mejor el comportamiento de las variables mencionadas en el modelo se hicieron diferentes corridas en distintos niveles.

El umbral de respuesta del nitrógeno se muestra en la Figura 11 con dosis de 0 a 500 kg ha⁻¹. Se puede observar que el incremento de nitrógeno aumenta el rendimiento, sin embargo, llega un punto en el que grandes dosis de nitrógeno no representa grandes incrementos en el rendimiento.

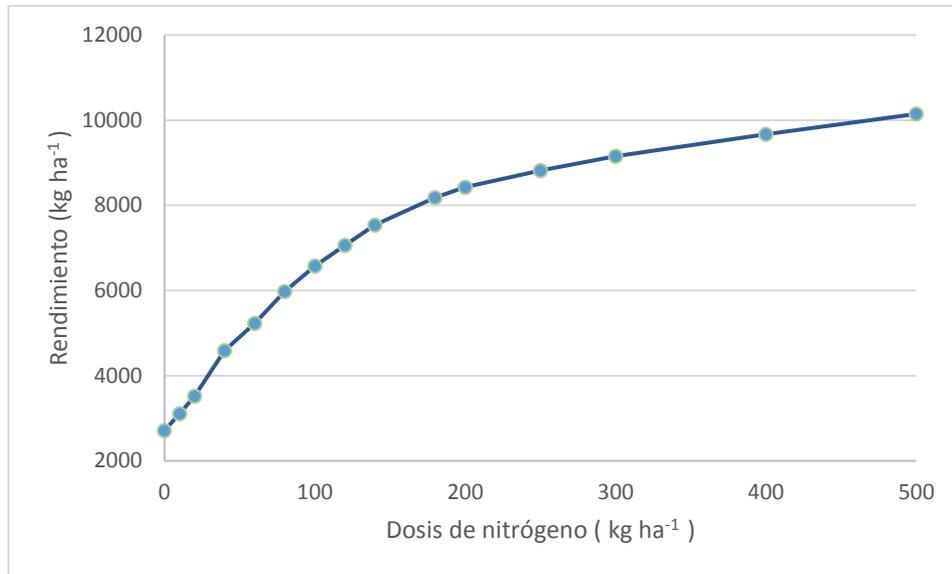


Figura 11. Umbral de respuesta de fertilización nitrogenada sobre rendimiento de maíz.

El umbral de respuesta que tiene el cambio de fecha de siembra presenta altibajos en el rendimiento, aunque como se puede ver en la Figura 12 la tendencia de rendimiento va a la baja cuando se prolonga la fecha de siembra seleccionada por el productor. Este pico refleja la espera del productor, en condiciones de secano, a un evento de lluvia que permita la humedad del suelo adecuada para las labores de siembra y favorable para la germinación de la planta.

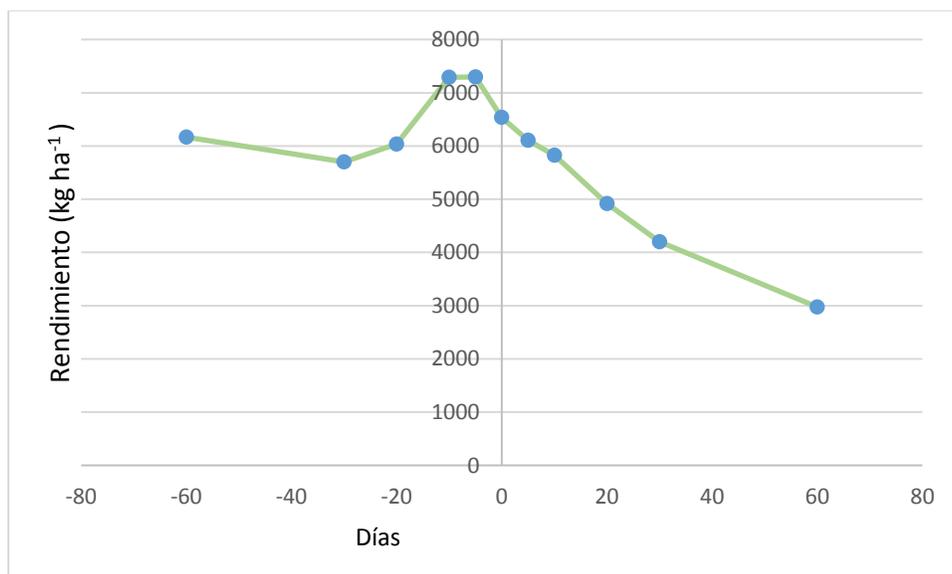


Figura 12. Umbral de respuesta de la fecha de siembra sobre rendimiento.

La temperatura nos dibuja un pico de rendimiento en el que el rendimiento desciende si existe aumento o disminución de temperatura (Figura 13).

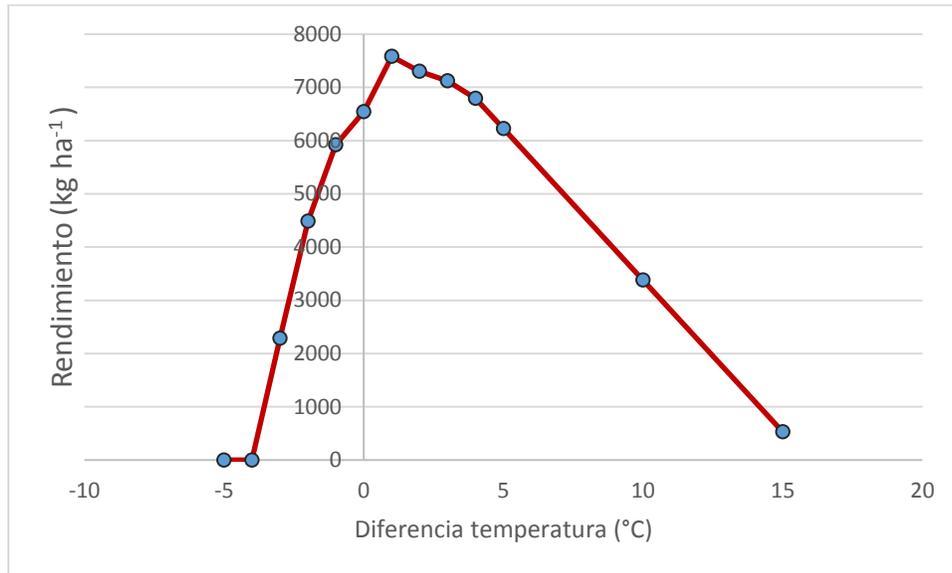


Figura 13. Umbral de respuesta con cambios de temperatura.

Con cambios en radiación el rendimiento se afecta de manera considerable con la disminución de la radiación (Figura 14), mientras que con el incremento de la misma el rendimiento se ve afectado, aunque no con la misma intensidad.

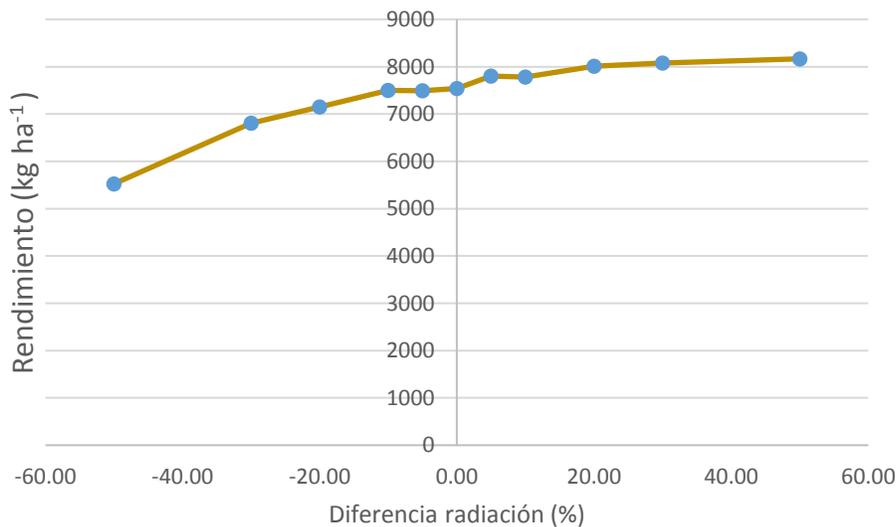


Figura 14. Umbral de respuesta a cambios de radiación.

Efecto del Estrés en el rendimiento.

Para conocer la relación entre los días con estrés hídrico, estrés por nitrógeno y el rendimiento de grano se utilizaron los datos de una parcela con régimen de temporal y con la fertilización utilizada por el productor. La estación meteorológica utilizada fue la estación de Etlatongo, la fertilización nitrogenada consistió en 120 kg ha^{-1} del N en forma de urea. El desarrollo del cultivo a lo largo del ciclo muestra estrés un combinado de agua y de nitrógeno (Figura 17).

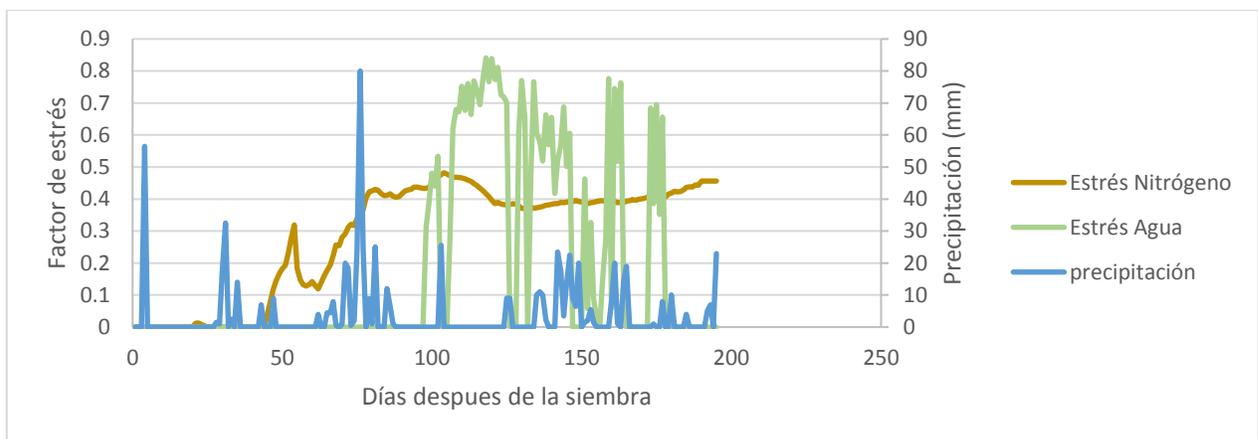


Figura 15. Relación de estrés de nitrógeno y agua a lo largo del ciclo.

Los valores del gráfico muestran que el cultivo presenta alto estrés por falta de agua a los primeros 100 días después de la siembra, periodo que abarca la floración masculina y continúa con los mismos parámetros hasta llenado de grano y madurez fisiológica. Por otro lado, el estrés por falta de nitrógeno se presenta desde el periodo de crecimiento y alcanza su punto más alto alrededor de los 100 días después de la siembra.

Para eliminar el efecto del estrés hídrico se simuló aplicación de riego automático, y para eliminar el efecto del estrés por nitrógeno se simuló la aplicación de fertilizante a través del agua de riego, las dosis de nitrógeno fueron de 150 kg/ha, aplicando 70 unidades a la siembra 40 Kg/ha a los 60 días después de la siembra y 40 kg/ha más a los 110 días después de la siembra, los valores de estrés de nitrógeno se muestran en la Figura 18.

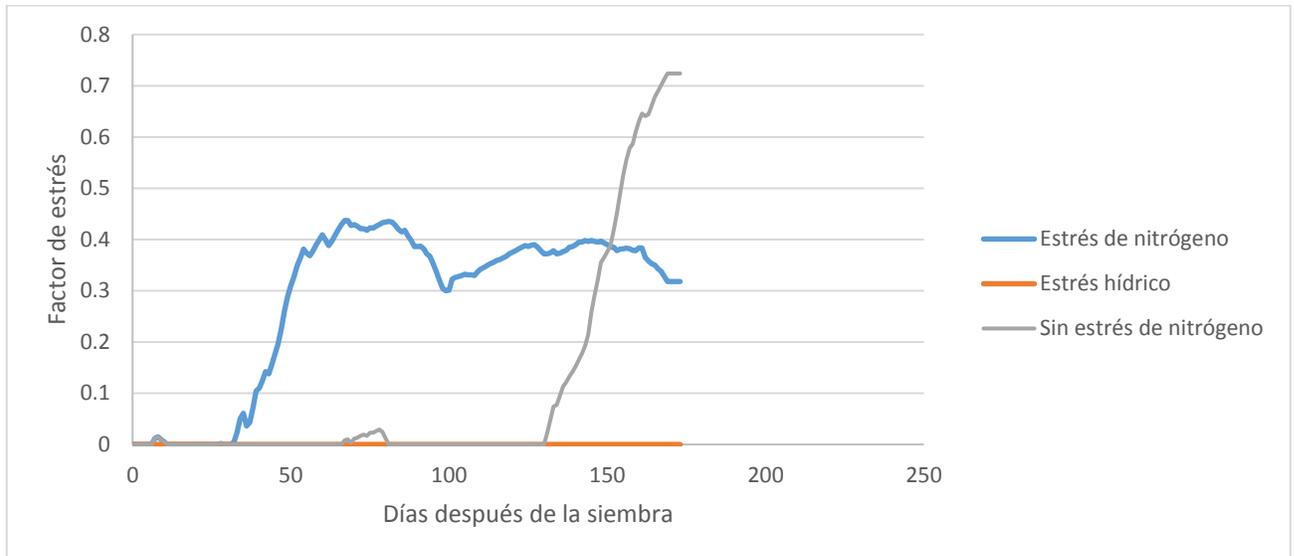


Figura 16. Estrés de nitrógeno.

Al eliminar el efecto del estrés hídrico vemos que se reduce el estrés de nitrógeno de 0.5 a un valor cercano a 0.45, esto muestra relación directa entre la disponibilidad de nitrógeno y el balance hídrico en el sistema; es decir, la importancia del agua para el transporte del nitrógeno. Las diferencias en los rendimientos se muestran en la Figura 19.

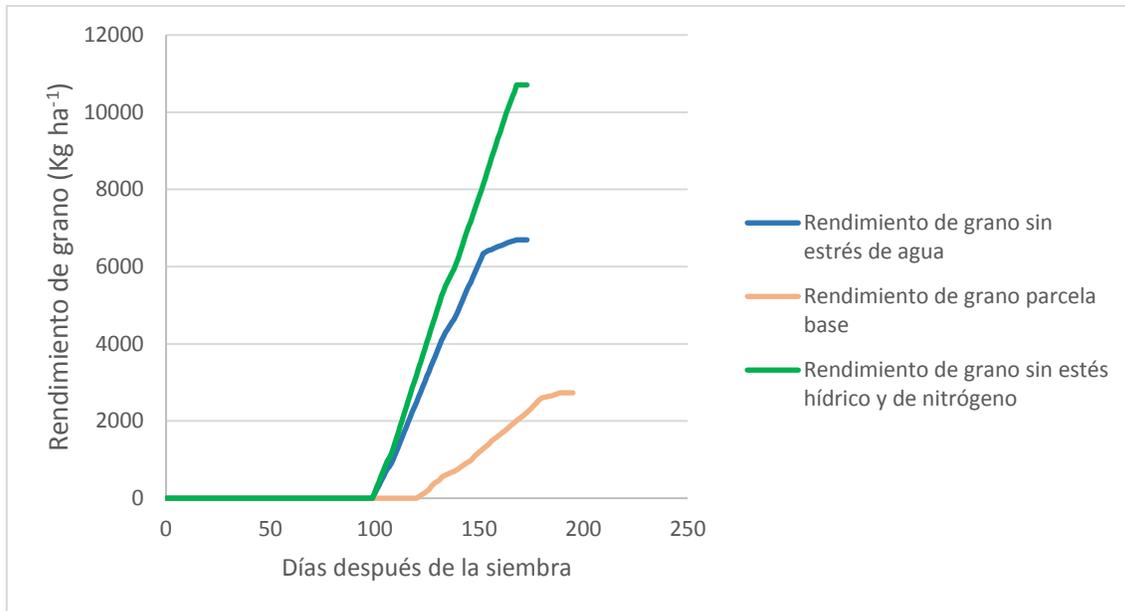


Figura 17. Rendimiento de cultivo y su relación con días de estrés.

Los resultados presentados evidencian que la eliminación de estrés hídrico y de nitrógeno no solo impacta de manera positiva en el rendimiento de grano, si no que provoca que se reduzca la duración del ciclo de cultivo. Esto coincide con el trabajo realizado por Bwalya *et al.*, (2015), donde explica que los principales factores que inciden en la tasa de crecimiento del cultivo son la humedad del suelo y la cantidad de nitrógeno disponible; ya que el estrés hídrico reduce: la eficiencia de uso de la radiación, la evapotranspiración, el crecimiento vegetativo estructural, la cantidad de nitrógeno en las hojas y la productividad de la biomasa.

ESCENARIOS DE MANEJO

De acuerdo con Hernández *et al.* (2009) los modelos de simulación son una herramienta que nos permite conocer, comprender e investigar la complejidad de los procesos que en ellos interviene. Esta cualidad de los modelos facilita la toma de decisiones para seleccionar la mejor combinación de recursos que maximicen el rendimiento general del sistema (Holmann, 2002). Una vez calibrado el modelo Ceres, se utilizó la plataforma DSSAT para simular diversos escenarios de manejo del cultivo de maíz y su impacto en el rendimiento de grano (Figura 20) y la humedad

del suelo (Figura 21, 22, 23 y 24). Los escenarios analizados fueron: incorporación de residuos, uso de subsuelo, aplicación de compostas y acolchados. Estas simulaciones se hicieron con base en las siguientes condiciones de manejo:

Fecha de siembra: 26 de junio del 2010.

Fertilización: 64 kg ha⁻¹ nitrógeno y 46 kg ha⁻¹ de fósforo.

Régimen de humedad: temporal.

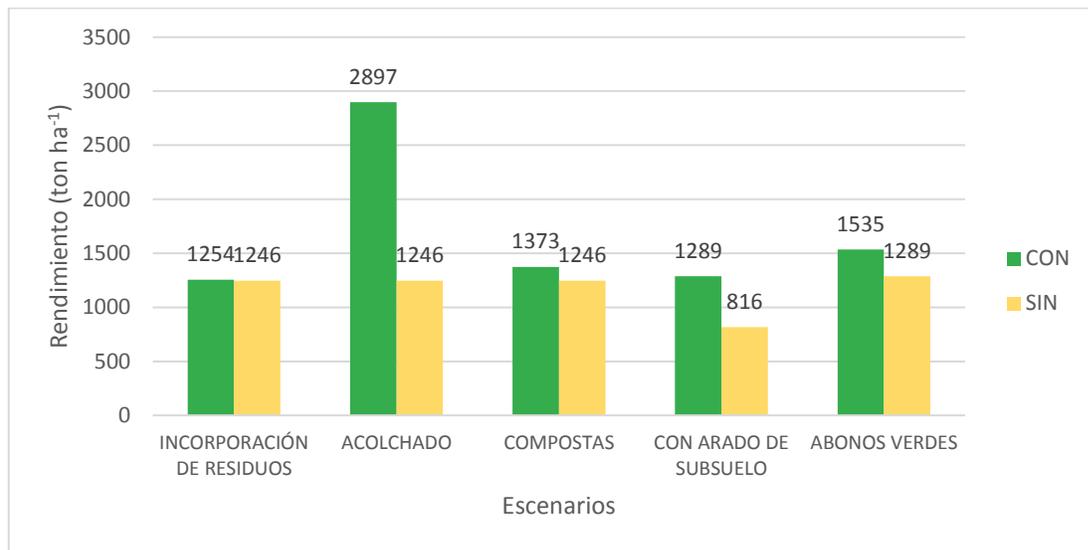


Figura 18. Rendimiento de grano por práctica de manejo.

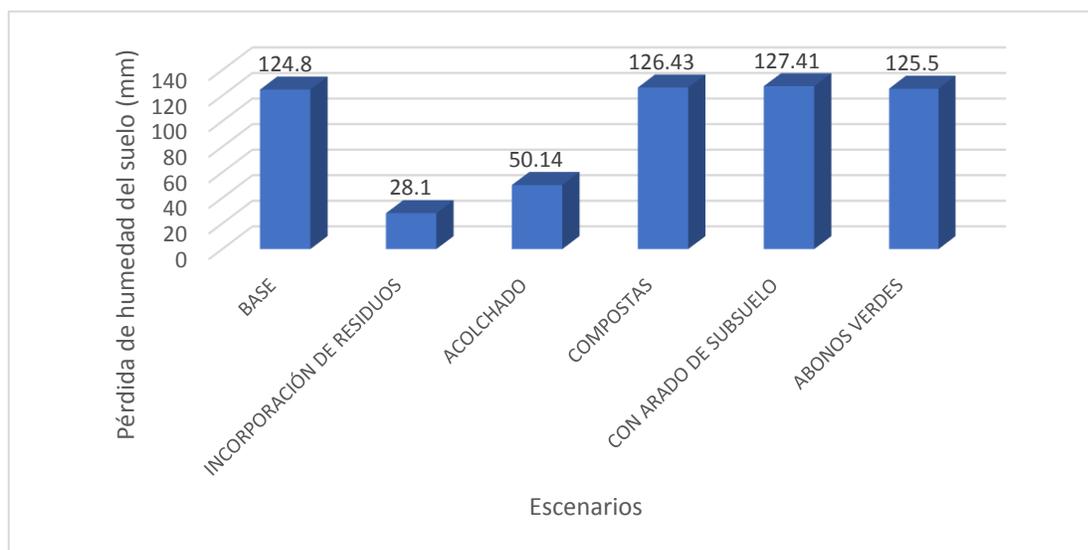


Figura 19. Pérdida de humedad del suelo para distintas prácticas de manejo.

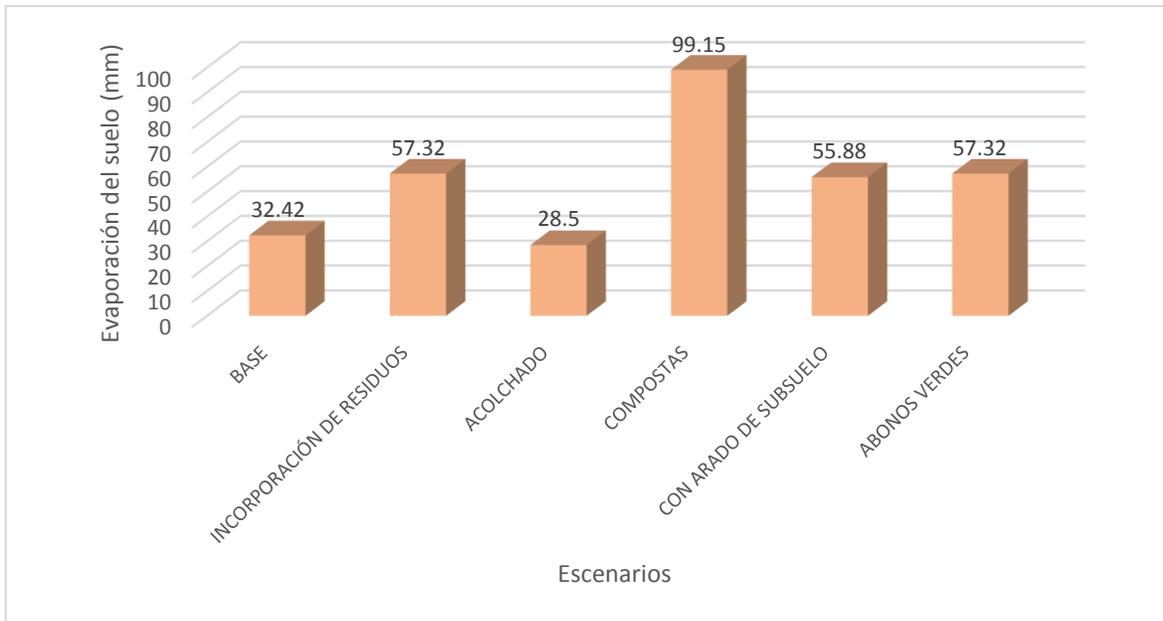


Figura 20. Evaporación del suelo para distintas prácticas de manejo.

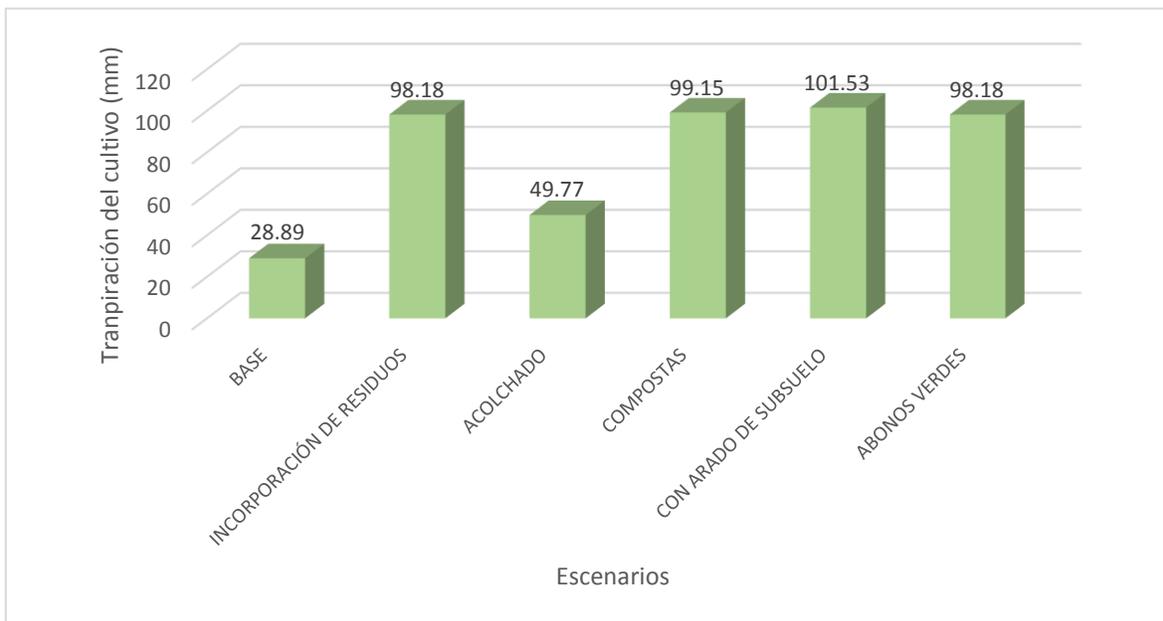


Figura 21. Transpiración del cultivo para distintas prácticas de manejo.

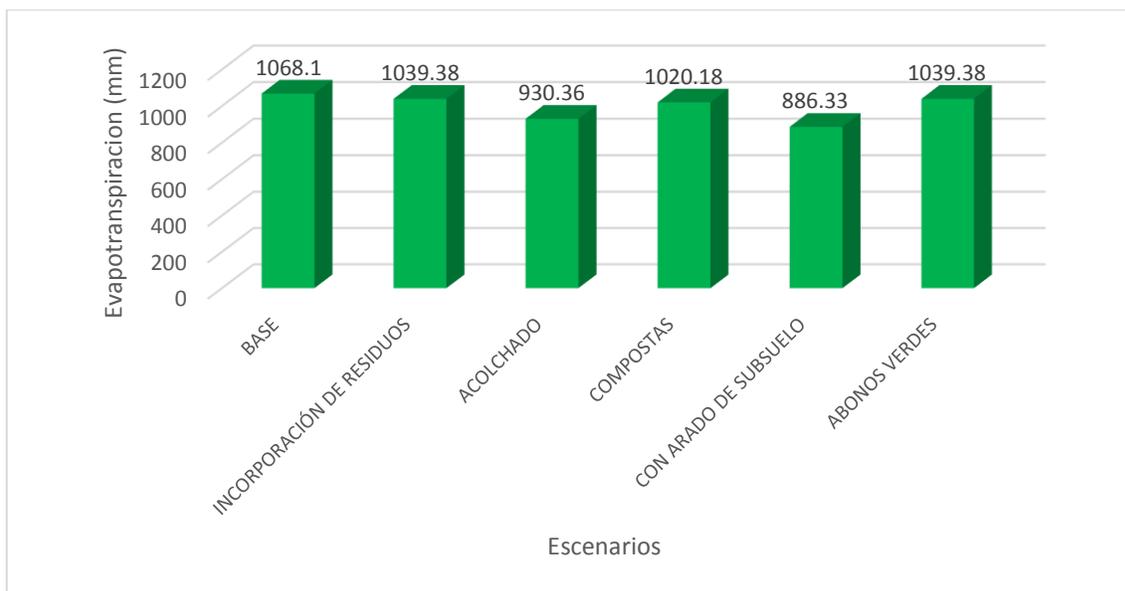


Figura 22. Evapotranspiración para distintos escenarios de manejo.

Como podemos observar, en DSSAT, el manejo tiene efecto importante en la humedad del suelo y rendimiento. La incorporación de residuos y el uso de acolchados disminuyen la evaporación del suelo, por ende, aumenta la humedad en el suelo, lo que hace suponer que el estrés hídrico disminuye y provoca cambios positivos en el rendimiento de grano.

Si bien es cierto que la incorporación de la materia orgánica provoca retención de humedad en el suelo, DSSAT analiza esta práctica como una forma de fertilización



y no como un medio para conservar la humedad, razón por la cual se observa poca diferencia entre este escenario y el escenario base, lo mismo ocurre con la aplicación de abonos verdes.

De las prácticas analizadas, el acolchado resultó la acción que mejor conserva la humedad del suelo e incrementa el rendimiento; por lo que podemos suponer que el estrés hídrico es el principal factor limitante para el cultivo de maíz en la zona de estudio.

6. CONCLUSIONES

El modelo estima de manera adecuada los rendimientos de maíz, tanto para cultivares híbridos como para criollos.

El modelo CERES tiende a sobreestimar los rendimientos de grano en la mayoría de las parcelas analizadas.

Los cultivares criollos presentan menor ajuste que los híbridos debido a su gran variabilidad genética.

En parcelas sin estrés hídrico donde se manejan altas dosis de fertilización nitrogenada se incrementa el rendimiento y se reduce el ciclo de cultivo.

Las prácticas de manejo que mayor impacto tienen sobre el rendimiento de grano son incorporación de residuos y uso de acolchados.

Las variables más sensibles en la simulación en CERES son temperatura, cantidad de radiación solar, fechas de siembra y fertilización nitrogenada.



7. Bibliografía

- Aragón, C. F., Catalogo de maíces criollos de Oaxaca Catalogo de maíces criollos de Oaxaca - Oaxaca, Oax. (México): INIFAP-SAGARPA, 2006 - 344 p. - Printed - Libro Técnico; No. 6.
- Ahuja, L. R., L. Ma and S.A. Sasseendran. (2002). Whole system integration and modelling essential to agricultural science and technology in the 21 st Century. P.(págs. 1-7). In: *Agricultural system models*. L.R. Ahuja, L. Ma, and T. Howell (eds),. Boca Raton: CR5C Press.
- Araya , A.,G. Hoogenboom, E. Luedeling, K. Hadgu, I. Kisekka and L. Martorano. 2015. Assessment of maize growth and yield using crop models under present and future climate in southwestern Ethiopia. *Agricultural and meteorology*, 214(1), 252-265.
- Asadi, M. and R. Clemente. 2003. CERES-Maize of DSSAT model to simulate nitrate leaching, yield and soilmoisture content under tropical conditions. *Food, Agriculture & Environment*, 1(3-4), 270-276.
- Balderrama , O. F., L.A. Alejo, and E.E. Tongson. 2016. Calibration, validation and application of CERES-Maize model for climate change impact assessment in Abuan Watershed, Isabela, Philippines. *Climate disaster and development Journal*, 2(1), 11-20.
- Barrales, V., L., I. Peña R., P. Fernández R. 2004. Validación de modelos: un enfoque aplicado. *Agricultura Técnica*. 64(1): 66-73.
- Ben, N., B., K. Nader, M. Mastrorili. 2000. Using the CERES-Maize model in a semi-arid Mediterranean environment. Evaluation of model performance. *European Journal of Agronomy* 13: 309-322.



- Bert, F., C. Laciana, G. Podestá and E. Satorre and A. Menéndez. 2007. Sensitivity of CERES-Maize simulated yields to uncertainty in soils properties and daily solar radiation. *Agricultural Systems*: 94(1): 141-150.
- Berumen B., M. (2004). *Región Mixteca: Aspectos Socioeconómicos y propuestas de acción para su crecimiento y desarrollo*. Editorial Eumed. Huajuapán de León, Mexico.
- Bwalya, C., C., E. Phiri, C. Shepande and H. Sichingabula. 2015. Evaluating CERES-maize model using planting dates and nitrogen fertilizer in Zambia. *Journal of Agricultural Science* 7(3): 79-97.
- Candelaria M., B., O. Ruiz R., F. Gallardo L., P. Pérez H., A. Martínez B., y L. Vargas V. 2011. Aplicación de los modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 999-1010.
- Casanova, J., J. Judge, and J. Jones. (2006). Calibration of the CERES maize model for linkage with a microwave remote sensing model. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 49(3): 783-792.
- Cerda, J., and L. Villaroel. 2007. Interpretación del test de Chi-cuadrado (χ^2) en investigación pediátrica. *Revista chilena de pediatría*. 78(4): 414-417.
- Chávez S., J., P. Diego F. y J. Carrillo R. 2011. Complejos raciales de poblaciones de Maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai*. 7(1): 107-115.
- Chisanga, C. B., Phiri, E., Shepande, C., & Sichingabula, H. (2015). Evaluating CERES-Maize model using planting dates and nitrogen fertilizer in Zambia. *Journal of Agricultural Science*, 7(3), 79.



- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas por estado Consultado 12/02/2017 en <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=oax>.
- Conde , C. 1997. Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES-MAIZ. *Cienciad de la atmósfera*. 93- 110.
- CAL (Cooperativa Agropecuaria de la Laguna). 2014. Maíces Asgrow. Consultado 18-07-2016 en <http://www.cooplaguna.mx/productos/Maiz%20Pantera.pdf>
- Domonkos, T. 2010. Computer simulation as a tool for analyzing and optimizing real life processes. *Management information systems* 5(1): 13-18.
- El-Sharkawi, M. 2011. Overview: Early history of crop growth and photosynthesis modeling. *Biosystems*. 103(2): 205-211.
- Fang , H., Liang, S., G.Hoogenboom, J. Teasdale, and M. Cavigelli. 2008. Corn yield estimation through assimilation of remotely sensed data into the CSM Ceres Maize model. *International Journal of Remote Sensing*. 29(10): 3011-3032.
- Fraisse, C., K. Sudduth and N. Kitchen. 2001 . Calibration of the ceres maize model for simulating site specific crop development and yield on claypan soils. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 17(4): 547-556.
- Frey, C. and S. Patil . 2002. Indentification and review of sensivity analysis methods. *Risk Analysis*. 22(3): 553-578.
- Frías Navarro, M. D., Pascual Llobell, J., & García Pérez, J. F. (2000). Tamaño del efecto del tratamiento y significación estadística. *Psicothema*, 12.
- García P. , A., & C. López C. 2002. Temperatura base y tasa de extensión foliar en maíz. *Fototecnia mexicana*. 25(4): 381-386.



Gassman, P., Jimmy R. Williams, Verel W. Benson, R. César Izaurralde, Larry M. Hauck, C. Allan

Jones, Jay D. Atwood, James Kiniry, Joan D. Flowers.2005. Working Papers. 4-45.

NCEP (National Centers for Environmental Prediction). 2016. Global Weather Data for Swat . Consultado 07-04-2016 en <https://globalweather.tamu.edu/>.

Goldsman, D.,R. Nance, & J. Wilson R. 2010. A brief history of simulation revisited. *Winter Simulation Conference* (págs. 567-574). Baltimore: WSC2010.

Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/484d/63adef29925ffa408275431efb0f0dfc417a.pdf>

Gonzalez C., M., N. Palacios R., A. Espinoza Banda y C. Bedoya S. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Fitotecnia Mexicana*. 36(3): 329-338.

Guo , R., Z. Lin, X. Mo, and C. Yang. 2010. Responses of crop yield and water use efficiency to climate change in the North China Plain. *Agricultural water management*. 97(1): 1185-1194.

Hamby, D. (1995). A comparison of sensivity analysis techniques. *Health Physics*, 68(2), 195-204.

Hernández, N., A. Caballero N. y F. Soto C. 2009. Modelos de simulación de cultivos. Características y usos. *Cultivos Tropicales*, 73-82.

Herrera, E., F. Castillo G., J. Sánchez G., M. Hernández C. R. Ortega P.y M. Major G. (2015). Diversidad del maíz chlaqueño. *Agrociencia*. 38: 191-206.



Hodges, T., D. Botner, C. Sakamoto and J. Haug H. (1987). Using the CERES-Maize model to estimate production for the U.S. Cornbelt. *Agricultural and forest meteorology*. 40(4): 293-303.

Holmann, F. 2002. El uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones en la promoción de nuevas alternativas forrajeras: el caso de Costa Rica y Perú. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10: 35

INEGI. (2007). Conjunto de Datos Vectorial Edafológico.

INEGI. 1997. *El maíz en el estado de Oaxaca*. Aguascalientes, Aguascalientes, México : INEGI. Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825118259/702825118259.pdf

INEGI . 2013. Conjunto de datos vectorial edafológico escala 1 : 250 000 Serie I (continuo nacional de unidades edafológicas).). Aguascalientes, México. Sitio web: Consultado 12/08/2016. Obtenido en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/edafologia/vectorial_seriei.aspx

Jones C. , A., R. Kiniry J. and P. Dyke. 1986. *Ceres Maize: a simulation model of maize growth and development*. (Editorial) Texas A&M University Press. Texas, U.S.

Jones, J., G. Hoogenboom, C. Porter, K. Boote, W. Batchelor, L. Hunt, J. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal Agronomy*, 18:235-265.



- Krishna M. , R. (2004). Crop growth modeling and its applications in agricultural meteorology. *Satellite Remote Sensing and Gis applications in agricultural technology*. 1: 235-261.
- Lamkane B. , P. and K. Shirkande. 2015. Development of data management and crop growth application setup. *IORS Journal*. 9(7): 13-15.
- Lin, Y., W. Wu and G. Quansheng. 2015. CERES-Maize model-based simulation of climate change impacts on maize yields and potential adaptive measures in Heilongjiang Province, China. *Science Food Agriculture*. 95(14): 2838-2849.
- Liu, H. L., J. Y. Yang,, F. Drury, C. and G. Hoogenboom. 2011. Using the DSSAT-CERES-Maize model to simulate crop yield and nitrogen cycling in fields under long-term continuous maize production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89(3): 313-328.
- Liwang, M.,D. Nielsen,L. Ahuja, J. Kiniry, J.D. Hanson ad G. Hoogenboom. 2002. An evaluation of RZWQM, CROPGRO and Ceres Maize for responses to water stress in the central great plains of the U.S. In L. Ahuja, M. Liwang, and T. Howell, *Agricultural System Models* (págs. 119-148). Boca Raton: CRC.
- Lizaso, J., W. Batchelor, M. Westgate and L. Echarte. (2003). Enhancing the ability of CERES Maize to compute light capture. *Agricultural Systems*. 76: 293-311.
- López C. , F., K. Boote,B. Ruíz N. and F. Sau. 2005. Testing CERES-Maize versions to estimate maize. *European Journal Agronomy*. 23: 89-102.
- MacCarthy, D., P. Akponikpe, S. Narh and R. Tegbe. 2015. Modeling the effect of seasonal climate variability on the efficiency of mineral fertilization on maize in the coastal savannah of Ghana. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 102(1): 45-64.



- McRobert, J., P. Seltimela, J. Gethi and M. Regasa. 2015. *Manual de producción de semilla de maíz híbrido*. Editorial CIMMYT. Distrito Federal, México.
- Midek, D. (2003). *Mixtecos*. Editorial CDI. Distrito Federal, México.
- Navarro G., H., M. Hernández F., F. Castillo G. and A. Pérez O. 2012. Diversidad y caracterización de maíces criollos. Estudio de caso en sistemas de cultivo en la costa chica de Guerrero, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*.9(2): 149-165.
- Oteng-Darko, P., Yeboah, S., Addy, S. N. T., Amponsah, S., & Danquah, E. O. (2012). Crop modeling: A tool for agricultural research—A. - 6.
- Pang, X., J. Letey and L. Wu. 1997. Yield and Nitrogen uptake prediction by Ceres Maize model under semiarid conditions. *Soil Science Society of America Journal*. 61(1): 254-256.
- Pérez, M., O., C. Delfín. F., H. Cotler., M. Equihua. 2006. Modelos de simulación para la elaboración y evaluación de los programas de servicios ambientales hídricos. *Gaceta ecológica*. SEMARNAT. 78: 65-84.
- Proyecto GEF Mixteca 2015. . *Servidor Cartográfico del Proyecto GEF Mixteca versión 2.0*. Consultado 12/02/2017.Obtenido de http://148.245.245.244:1023/mixteca/map_default.phtml
- Rasse D., J. Ritchie, W. Wilhem, J. Wei, E. Martin. (2000). Simulating Inbred Maize Yields with Ceres-IM. *Agronomy Journal*. 92: 672-678.
- Rauff, K. and R. Bello. 2015. A Review of crop growth simulation models. *Agricultural Sciences*. 1098-1105.



- Raymond, F. D., Thomason, W. E., Alley, M. M., & Parrish, D. J. (2009). Reducing corn yield variability and enhancing yield through the use of corn-specific growth models. *Journal of crop improvement*, 23(4), 467-485.
- Rehman, M. and S. Pedersen. 2012. Validation of simulation models. *Journal of experimental and theoretical artificial intelligence*. 24(3): 351-363.
- Ritchie, J.T., 1998. Soil water balance and plant water stress. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 41-54.
- Rodriguez A. , M., H.Díaz E. Azipuru G., R. López T. and V. Zamora V. .2010. Modelos de simulación para cereales forrajeros en el sur de Nuevo León, México. *Agraria*, 7(3): 6-16.
- Rodriguez, J. and T. López . 2000. Validación y análisis de sensibilidad del modelo MACRO en un suelo Orthic Ferrasol del sur de la Habana. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*. 15(1-2): 47-55.
- Rojas M. , C., H. Díaz S., E. Aizpurru G.,R. López T. and F. Rincón S. 2011. Calibración de DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) para tres cultivares de maíz en el sur de Nuevo León, México. *Agraria*. 8(2): 6-14.
- Rozinat, A., R. Mans, M. Song, and W. Van der Aalst. 2009. Discovering simulation models. *Information Systems*. 34(3): 305-327.
- Sánchez, G., M. D. Fernández R., M. Martínez M., E. Rubio G. 2015. Modelo Hidrológico de la cuenca del Río Sordo, Oaxaca, México con SWAT. *Tecnología y ciencias del agua*. Vol 5. Pp. 1-27.



- Sau, F., F. López C., A. Confalone, J. Lizaso O. 2010 . Modelos de simulación del cultivo de maíz: fundamentos y aplicaciones en España. *Pastos*, 40(2), 117-138.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. Consulta 12 /04/2017. Obtenido en www.siap.gob.mx
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).2015. *Agenda Técnica Agrícola de Oaxaca* (Segunda ed.). México, Distrito Federal: SAGARPA.
- Singh, A. y Kersebaum C. (2004). Calibration and validation of CERES model for simulating water and nutrients in Germany. In: C. Kersebaum, J. Hecker, W. Mirschel and M. Wegehenkel, ed., *Modelling Water and nutrient dynamics in soil crop systems*, 1 st ed. Dordrecht, Neatherlands: Springer, pp. 161-182.
- Sharma, M. (2015). Simulation models for teacher training: Perspectives and prospects. *Journal of education and practice*. 6(4): 1735-2222.
- Thorp, K., K. Dejonge C ., A. Kaleita, W. Batchelor and J. Paz. 2008. Methodology for the use of DSSAT models for precision. *Computers and electronics in agriculture*: 276-285.
- Wellhausen, E.J.; L.M, Roberts. y E. Hernández X. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto técnico No. 5. Oficina de estudios especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 223 pp
- Wentian, H., Yang, J., Zhou, W., Drury, C., Yang, X., Reynolds, W., . . . Li, Z. (2016). Sensitivity analysis of crop yields, soil water contents and nitrogen leaching



to precipitation, management practices and soil hydraulic properties in semi arid and humid regions of Canada using DSSAT model. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 106(2), 201-2015.

Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., Hao, X., & Zhang, J. (2006). Estimation of groundwater use by crop production simulated by DSSAT-wheat and DSSAT-maize models in the piedmont region of the North China Plain. *Hydrological processes*, 20(13), 2787-2802.

8. Anexos.

Anexo 1. Manejo de datos en DSSAT

La plataforma DSSAT trabaja con archivos de texto (.txt), el programa lee los caracteres de acuerdo al orden de filas y columnas (Figura 25). A continuación, se presenta un ejemplo de cómo están organizados los datos de clima.

1	*WEATHER DATA : Jaltepec				
2					
3	@ INSI		LAT	LONG	ELEV
4	JLTC		17.329	-97.187	2116
5	@DATE	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN
6	08001	8.0	14.4	7.8	1.0
7	08002	2.7	7.2	2.9	3.2
8	08003	5.3	4.5	2.1	1.9
9	08004	19.3	17.3	3.3	0.2
10	08005	20.9	20.1	2.5	0.0
11	08006	21.0	23.1	0.7	0.0
12	08007	15.3	25.9	5.0	0.0
13	08008	19.6	27.2	6.1	0.0
14	08009	20.5	21.6	6.1	0.0
15	08010	20.8	26.4	3.2	0.0
16	08011	19.6	23.5	4.1	0.0
17	08012	20.0	26.0	6.0	0.0
18	08013	16.4	18.1	9.2	0.6
19	08014	18.6	19.6	7.4	0.0
20	08015	10.2	21.8	7.5	0.8
21	08016	14.7	19.1	7.1	0.2
22	08017	21.2	22.5	2.9	0.0
23	08018	21.1	22.6	3.4	0.0
24	08019	19.2	20.3	2.9	0.2
25	08020	7.0	9.6	5.0	1.2
26	08021	20.3	20.4	6.3	0.2
27	08022	21.5	22.1	5.6	0.0
28	08023	20.5	22.2	7.4	0.0
29	08024	21.8	23.1	7.2	0.0
30	08025	7.8	14.8	9.5	0.7

Figura 23. Estructura de los datos climáticos de entrada.

De igual manera, el programa lee los archivos de suelo y de cultivar, después los concentra en un archivo de experimento. En este archivo se introducen las variables de manejo que corresponden a las fechas de siembra, fertilización, labores culturales, riego y aplicación de herbicidas y pesticidas. La estructura principal de manejo de datos del DSSAT se puede ejemplificar en la Figura 26.

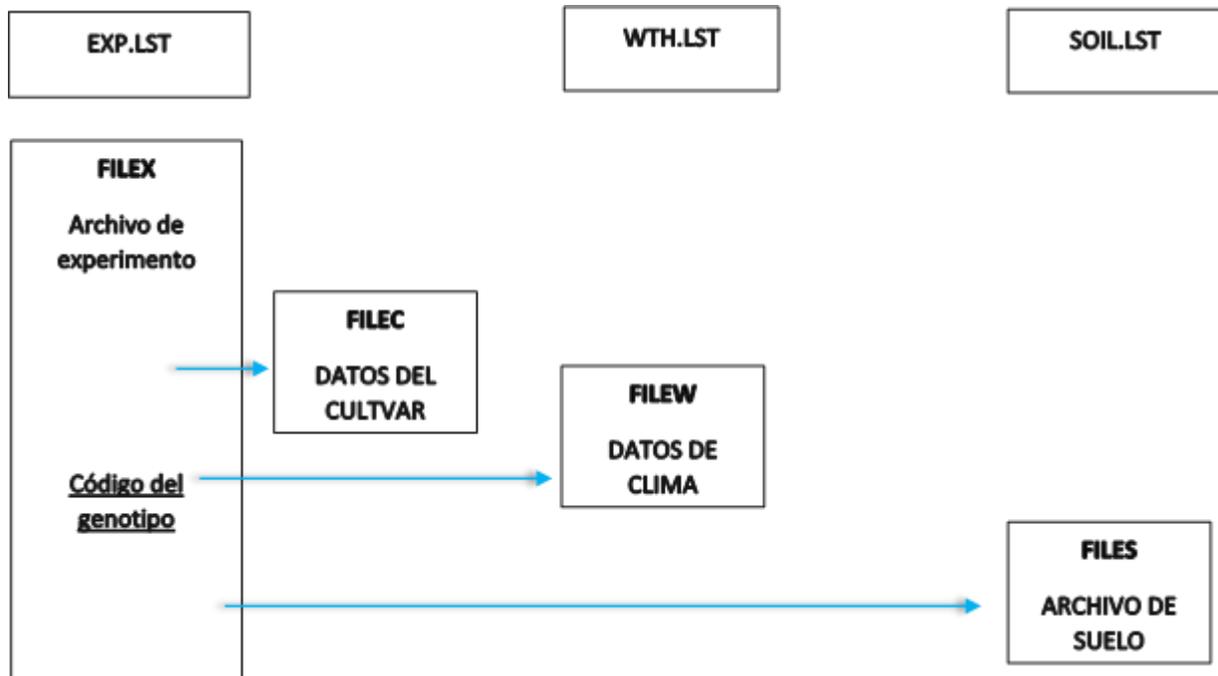


Figura 24. Estructura principal de manejo de datos de DSSAT.

Para alimentar los datos de clima, de preferencia usar un archivo en formato de texto con datos diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y radiación solar. También, se puede acceder a una herramienta de DSSAT llamada *Weatherman* (Figura 27), la cual facilita la captura de datos climáticos para su uso en el modelo. El empleo de *Weatherman* puede ejemplificarse con los siguientes pasos.

1. Una vez abierto DSSAT, buscamos a la izquierda la herramienta *Weather Data* y hacemos clic sobre el logo.

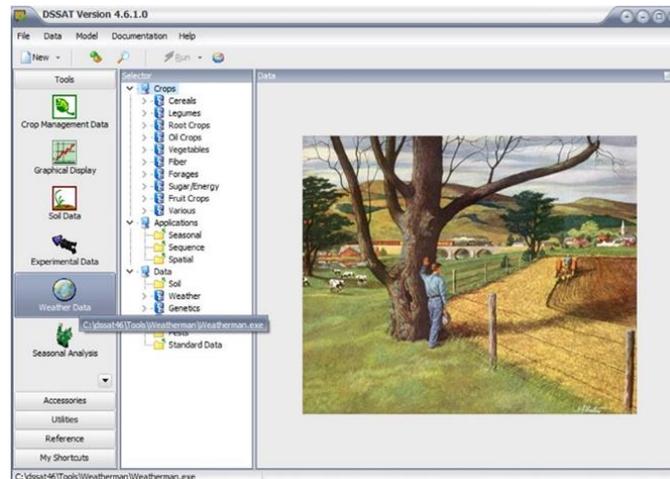


Figura 25. Ventana principal DSSAT.

2. Enseguida aparece la interfaz de usuario de *Weatherman*. Para importar datos de un documento de Excel³ se accede al menú *File* y se da clic en la sección *Raw Data*, luego aparece una ventana para importar datos. En dicha ventana se accede al menú *File*, *Open* y se navega hasta la ubicación donde esta el archivo con los datos de clima. Los datos, como aparecen en la plantilla de Excel, deben aparecer en la ventana de *Raw Data* (Figura 28).

Fecha	Prec	T. Max	T. Min	T. Me	Vv m/s	DvV
01/02/2009	0	28.2	12.1	19.16	3.1	161.6
02/02/2009	2.6	28.8	13.9	20.99	5.5	60.50
03/02/2009	0.8	20.1	16.9	18.53	3.2	281.8
04/02/2009	2.8	23.6	16.3	18.12	5.9	243.6
05/02/2009	6.2	25.5	15.4	18.35	5.6	291.3
06/02/2009	0.2	27.2	12.8	19.29	4.4	67.50
07/02/2009	0	28.6	12.8	19.71	5.2	78.80
08/02/2009	0	29.1	13.2	19.77	5.4	277.3
09/02/2009	0	30.1	11.9	19.68	4	297.2
10/02/2009	0	31.9	14.7	21.87	6.8	279.7
11/02/2009	0	33.5	16	23.58	8.9	60.00
12/02/2009	0.4	32.1	15.8	23.3	4.8	136.1
13/02/2009	0	32.6	15.9	22.96	4.6	201.1
14/02/2009	0	33.5	16.1	23.99	5.1	14.80
15/02/2009	0	33.2	16.1	25.74	5.6	25.70

³ EXCEL. Es una aplicación de [hojas de cálculo](#) que forma parte de la suite de oficina [Microsoft Office](#)

Figura 26. Importación de Datos DSSAT.

3. A continuación, se borra la primera columna de los encabezados y se hace *click* en la cabecera de cada columna para establecer el nombre y las unidades de las variables (Figura 29)

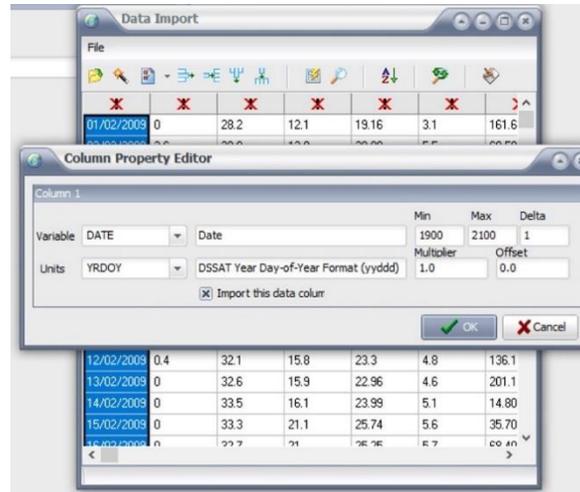


Figura 27. Asignación de encabezados y unidades en la base de datos climáticos.

4. Una vez establecidas las variables estas se guardan en la base de datos del programa. En la ventana de *Raw Data* hacer *click* en *Import data into WM*. En la ventana abierta se utilizan las opciones *Create a new climate station database and merge data* y *Resume editing of raw data file import*, clic en *ok*, se nombra la estación y se guarda el archivo PRM correspondiente. De este modo, los datos están listo para usarse por el modelo.

Para la creación del archivo de suelo, se utiliza la herramienta de DSSAT llamada *Soil Data*. Al hacer *click* en esta opción aparece una ventana y se selecciona en el menú *Profile* y *New*. Con ello aparece una interfaz donde se capturan datos de identificación del sitio (Figura 30 y Figura 31) y las características físicas y químicas del suelo correspondiente.

..Editing a soil profile: CPAP000001 ..

General Information

Country: México | Soil Data Source: INEGI
 Site Name: Apoala | Soil Series Name: APOALA
 Institute Code: CP | Soil Classification: Luvisol Epiléptico
 Latitude: 17.59
 Longitude: -97.13

Surface Information

Color: Yellow | % Slope: 12
 Drainage: Moderately well | Runoff Potential: Moderately Low
 Fertility Factor (0 to 1): 1

Cancel | Next >

Figura 28. Menú principal para agregar datos de suelo.

..Editing a soil profile: CPTZS00001 ..

Input Table

Depth (bottom), cm	Master horizon	Clay, %	Silt, %	Stones, %	Organic carbon, %	pH in water	Cation exchange capacity, cmol/kg	Total nitrogen, %
23	a1	24	24	0	1.5	5.9	34.8	-99
38	b1	32	24	0	0.5	5.7	26.1	-99

More inputs
 Add Layer
 Delete Layer

Cancel | Next >

Figura 29. Establecimiento y caracterización de horizontes de suelo.

Una vez finalizada la captura de datos se da nombre al archivo y se guarda en la base de datos de DSSAT.

En *Experimental Data* se introduce el nombre del experimento o de la parcela por simular (Figura 32). En el menú *Environment* se escoge la opción *Fields* y se selecciona la estación y el suelo, de las bases de datos creadas.

General Information-

File Type: Experimental

Experiment Name: [Text Field]

Experiment Identifier (file name)

Institute Code: [Text Field]

Site Code: [Text Field]

Year: [Text Field]

Experiment Number: [Text Field]

Crop: [Dropdown]

General Information

People: [Text Field]

Address: [Text Field]

Site: [Text Field]

Plot

Plot Information

Gross Plot Area per rep, m2: [-99]

Rows per Plot: [-99]

Plot Length, m: [-99]

Plots Relative to Drains, degrees: [-99]

Plot Spacing, cm: [-99]

Plot Layout: [Text Field]

Harvest Information

Harvest Area, m-2: [-99]

Harvest Row Number: [-99]

Harvest Row Length, m: [-99]

Harvest Method: [Text Field]

Additional Information

Figura 30. Menú principal para ingresar datos de manejo.

Posteriormente, en la interfaz principal de *Crop Management Data*, en el menú *Management*, se indican las fechas de siembra, aplicación de fertilizantes, herbicidas, pesticidas, incorporación de abonos orgánicos, labranza y fechas de riego del cultivo (Figura 33).

Management

- Cultivars
- Planting
- Irrigation
- Fertilizer
- Organic Amendments
- Tillage
- Harvest
- Chemical Applications

General Information

File Type: Experimental

Experiment Name: [Text Field]

Experiment Identifier (file name)

Institute Code: [Text Field]

Site Code: [Text Field]

Year: [Text Field]

Experiment Number: [Text Field]

Crop: [Dropdown]

General Information

People: [Text Field]

Address: [Text Field]

Site: [Text Field]

Plot

Plot Information

Gross Plot Area per rep, m2: [-99]

Rows per Plot: [-99]

Plot Length, m: [-99]

Plots Relative to Drains, degrees: [-99]

Plot Spacing, cm: [-99]

Plot Layout: [Text Field]

Harvest Information

Harvest Area, m-2: [-99]

Harvest Row Number: [-99]

Harvest Row Length, m: [-99]

Harvest Method: [Text Field]

Additional Information

Figura 31. Submenús disponibles.

Forma de correr el modelo DSSAT

A nivel de ejemplo, se indica como correr el modelo con datos de clima, suelo y manejo para un cultivar de maíz híbrido con nombre comercial labrador. En *Crop Management Data* se selecciona, en el menú Cultivar, un genotipo precargado en la base de datos de DSSAT; en este caso, la variedad Prisma FAO 700. Al guardar el experimento, en la interfaz principal de DSSAT y en la sección llamada *Selector* (Figura 34), se visualizan las distintas carpetas para los cultivos que han sido guardados. En este caso, el archivo se había archivado en la carpeta maíz, por lo tanto, en dicha carpeta se habrá de buscar el nombre del experimento guardado con anterioridad.

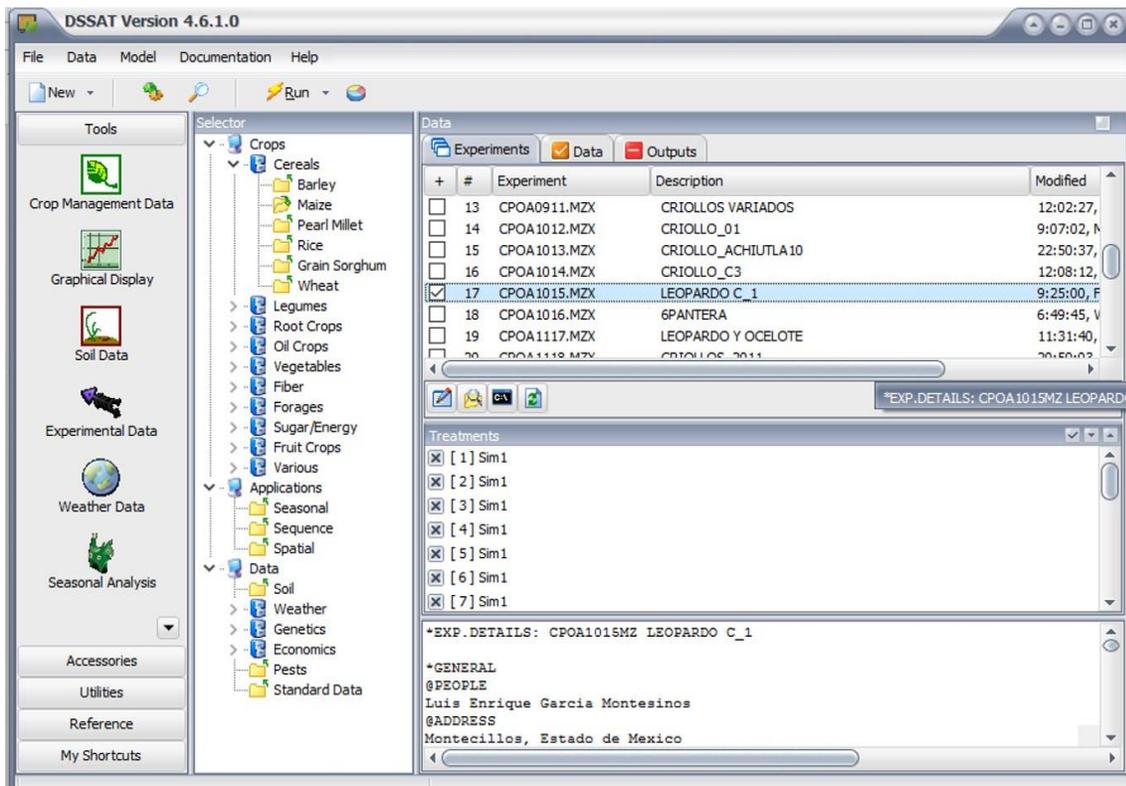


Figura 32. Submenú para iniciar modelación en DSSAT.

Para correr el modelo, se selecciona la carpeta y se da *clic* en el botón *Run*. Al correr el modelo DSSAT producen una serie de salidas (*Output*) con datos en formato de texto. En la sección conocida como: *Main growth and development variables* del archivo *overview.out* se muestran los resultados de la simulación (Figura 35).

```
*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES
@
VARIABLE                                SIMULATED    MEASURED
-----                                -
Anthesis day (dap)                       74           73
Physiological maturity day (dap)         156          156
Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)  4008         3825
Number at maturity (no/m2)              1227         -99
Unit wt at maturity (g [dm]/unit)       0.3265       -99
Number at maturity (no/unit)            188.8        -99
Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)    11397        -99
By-product produced (stalk) at maturity (kg[dm]/ha)  7431        -99
Leaf area index, maximum                 2.24         2.20
Harvest index at maturity                0.352        -99
Grain N at maturity (kg/ha)              39           -99
Tops N at maturity (kg/ha)               65           -99
Stem N at maturity (kg/ha)               25           -99
Grain N at maturity (%)                  1.0          -99
Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)    4738        -99
Tops N at anthesis (kg/ha)               64           -99
Leaf number per stem at maturity         16.50        -99
Emergence day (dap)                     7            -99
*ENVIRONMENTAL AND STRESS FACTORS
```

Figura 33. Salida de datos global (OVERVIEW DATA) en DSSAT.

En la columna *MEASURED* para evitar que aparezca el valor -99, se tiene que alimentar el archivo con los siguientes datos observados o medidos en el experimento:

- HWAM: Rendimiento a la madurez (kg/ha).
- HWUM: Peso de la mazorca a la madurez. (g/unidad).
- H#AM: Número de mazorcas a la madurez (N°/m²).
- LAIX: Índice de área foliar máximo.
- CWAM: Peso de la biomasa a la madurez (kg/ha).
- BWAH: Biomasa eliminada durante la cosecha (kg/ha).
- ADAT: Día de la antesis (año y día).
- MDAT: Día de madurez fisiológica (año y día).
- GN%M: Porcentaje de nitrógeno en grano a la madurez.



- CNAM: Cantidad total de N en la biomasa a la madurez (kg/ha).
- GNAM: Cantidad de N en grano a la madurez (kg/ha).

Por ejemplo, si solo se cuenta con datos de índice de área foliar, rendimiento del grano, día a antesis y día a madurez fisiológica; el archivo A solo manifestará dichas variables (Figura 36).

```
*EXP. DATA (A): UFGA8201MZ Z N X IRRIGATION, GAINESVILLE
! File last edited on day 08/29/2003 at 9:40:07 AM
!
!
! Grain yield (HWAM) expressed as dry weight
@TRNO LAIX ADAT MDAT HWAM
1 2.20 217 300 3825
2 2.20 217 300 3825
3 2.20 217 300 3825
4 2.20 217 300 3825
5 2.20 217 300 3825
6 2.20 217 300 3825
7 2.20 217 300 3825
8 2.20 217 300 3825
9 2.20 217 300 3825
10 2.20 217 300 3825
```

Figura 34. Ajuste de datos observados.

Una vez alimentados estos datos se guarda el archivo con el mismo nombre que el de experimento. Por ejemplo, si el archivo creado en *Crop Management Data* tiene por nombre CPSJ1001.MZX, el archivo A debe nombrarse como CPSJ1001.MZA. Este archivo ha de guardarse en la misma carpeta que el archivo de experimento, es decir en la carpeta Maíz de la base de datos de DSSAT. Así, al correr nuevamente el experimento, en la salida de datos (Overview.out), se podrán ver los



valores introducimos en el archivo A. Estos valores medidos son una referencia para iniciar el proceso de calibración del modelo.

El archivo MZCER046.CUL, ubicado en la carpeta *MAIZE* de la base de datos DSSAT, contiene información de los distintos cultivares con que cuenta el programa. Este incluye tres columnas para el código, el nombre de la variable, el código del ecotipo, y seguido de seis columnas para los parámetros P1, P2, P5, G2, G3 y PHINT (Figura 37). Estos seis parámetros se refieren a:

P1. Tiempo térmico desde la emergencia hasta el final de la fase juvenil (expresado en días grado de desarrollo por encima de una temperatura de 8°C) durante el cual la planta no es sensible a los cambios del fotoperiodo. Esta variable es la primera en moverse para ajustar el ciclo del cultivo, así los cultivares de ciclo corto deben tener los valores más bajos.

P2. Número de días en que el desarrollo de la planta se retrasa por cada aumento de una hora del fotoperiodo, por encima de 12.5 horas (fotoperiodo crítico). Este parámetro se modifica teniendo en cuenta la sensibilidad de la planta al fotoperiodo. Para plantas sembradas en el trópico por lo regular este valor gira alrededor de 1, dado que son plantas más sensibles a los cambios de horas de luz.

P5. Tiempo térmico desde la floración femenina (*Silking*) a la madurez fisiológica. De igual manera que en la variable P1, este valor debe presentar valores alrededor de 600 para variedades de ciclo corto y valores alrededor de 800 para variedades de ciclo largo.

G2. Máximo número de granos por planta.

G3. Tasa de llenado de granos en condiciones óptimas (mg dia-1)

PHINT. Intervalo del filocrono. Tiempo térmico (días grado) entre apariciones de hojas sucesivas.

Este archivo se puede modificar, ingresando el nombre de un nuevo cultivar y estableciendo los valores de cada parámetro. Una vez hecho esto se puede correr



el modelo con el cultivar creado. Para ello abrimos el archivo MZX y en la sección *Cultivar* se agrega el nombre de la variedad y su respectiva clave.

VAR#	VRNAME.....	EXPNO	ECO#	P1	P2	P5	G2	G3	PHINT
				1	2	3	4	5	6
PC0001	2500-2600 GDD	.	IB0001	160.0	0.750	780.0	750.0	8.50	49.00
PC0002	2600-2650 GDD	.	IB0001	185.0	0.750	850.0	800.0	8.50	49.00
PC0003	2650-2700 GDD	.	IB0001	212.0	0.750	850.0	800.0	8.50	49.00
PC0004	2700-2750 GDD	.	IB0001	240.0	0.750	850.0	800.0	8.50	49.00
PC0005	2750-2800 GDD	.	IB0001	260.0	0.750	850.0	800.0	8.50	49.00
990001	LONG SEASON	.	IB0001	320.0	0.520	940.0	620.0	6.00	38.90
990002	MEDIUM SEASON	.	IB0001	200.0	0.300	800.0	700.0	8.50	38.90
990003	SHORT SEASON	.	IB0001	110.0	0.300	680.0	820.4	6.60	38.90
990004	V.SHORT SEASON	.	IB0001	5.0	0.300	680.0	820.4	6.60	38.90
IB0001	CORN281	.	IB0001	110.0	0.300	685.0	907.9	6.60	38.90
IB0002	CP170	.	IB0001	120.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0003	LG11	.	IB0001	125.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0004	F7 X F2	.	IB0001	125.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0005	PIO 3995	.	IB0001	130.0	0.300	685.0	907.9	8.60	38.90
IB0006	INRA	.	IB0001	135.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0007	EDO	.	IB0001	135.0	0.300	685.0	907.9	10.40	38.90
IB0008	A654 X F2	.	IB0001	135.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0009	DEKALB XL71	.	IB0001	140.0	0.300	685.0	907.9	10.50	38.90
IB0010	F478 X W705A	.	IB0001	140.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0011	DEKALBXL45	.	IB0001	150.0	0.400	685.0	907.9	10.15	38.90
IB0012	PIO 3382	.	IB0001	160.0	0.700	950.0	845.0	8.40	38.90
IB0013	B59*OH43	.	IB0001	162.0	0.800	685.0	862.4	6.90	38.90
IB0014	F16 X F19	.	IB0001	165.0	0.000	685.0	907.9	10.00	38.90
IB0015	WASHINGTON	.	IB0001	165.0	0.400	715.0	825.0	11.00	38.90

Figura 35. Archivo con cultivares DSSAT.

Anexo 2. Datos de clima utilizados en el modelo.

Estación: Chalcatongo

Cuadro 19. Datos de clima.

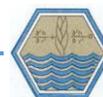
DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9105	0	27.09	9.99	24.20	9205	4.62	24.83	12.31	19.11
9106	0	27.05	9.18	28.61	9206	2.64	26.06	13.78	25.52
9107	0	27.11	8.08	28.80	9207	9.49	23.19	13.22	21.65
9108	0	27.51	8.64	26.76	9208	30.24	21.95	12.75	12.72
9109	0	29.24	10.71	20.86	9209	12.76	25.87	14.11	21.56
9110	0	27.46	13.04	18.76	9210	1.46	28.09	13.35	21.66
9111	0.615	32.75	11.10	23.34	9211	7.32	26.67	13.24	21.52
9112	0.419	28.24	11.41	14.81	9212	6.92	27.22	13.22	21.67
9113	6.14	22.84	11.39	10.72	9213	0.25	26.27	12.33	21.42
9114	0.017	27.69	8.57	12.27	9214	0.04	21.34	11.48	12.94
9115	0	28.18	10.72	20.84	9215	4.98	24.31	13.70	25.75
9116	0	29.84	11.37	28.52	9216	7.32	24.95	13.30	25.05



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9117	0	27.75	10.01	17.71	9217	0.17	26.24	11.76	25.90
9118	0	29.35	13.27	23.74	9218	0.00	27.70	12.55	20.46
9119	0	29.70	12.42	19.42	9219	1.00	26.32	11.54	22.22
9120	0.027	27.25	11.60	14.63	9220	3.10	26.19	11.02	13.42
9121	6.183	23.68	11.82	17.49	9221	3.14	24.12	12.37	15.18
9122	4.597	25.19	10.10	14.33	9222	0.08	24.41	12.73	26.35
9123	0.007	25.89	8.92	27.67	9223	0.00	24.30	12.18	27.76
9124	0	28.13	10.79	14.39	9224	4.04	27.80	11.80	25.02
9125	0	28.98	12.70	26.90	9225	4.06	27.16	11.68	21.35
9126	0	28.31	10.72	26.66	9226	11.10	27.27	12.14	18.30
9127	0	28.81	9.19	23.57	9227	9.82	28.18	12.94	13.64
9128	0	27.28	8.84	22.59	9228	6.86	26.64	11.32	19.24
9129	0.103	27.50	9.33	18.08	9229	2.58	25.53	11.34	20.23
9130	5.164	24.08	12.54	15.87	9230	4.56	18.31	13.35	7.83
9131	1.603	30.31	12.50	18.28	9231	8.89	23.34	13.67	12.84
9132	10.056	27.54	11.80	20.33	9232	13.12	21.18	13.80	12.06
9133	24.534	20.80	15.22	21.38	9233	11.21	25.15	13.07	16.50
9134	28.451	21.77	13.92	12.88	9234	4.21	23.92	13.12	21.53
9135	63.611	19.47	15.12	9.87	9235	3.15	25.52	11.88	25.87
9136	55.659	19.51	14.95	8.99	9236	5.73	26.07	12.87	23.73
9137	47.839	21.61	13.85	16.27	9237	5.08	26.60	12.84	24.96
9138	0.007	22.54	13.02	25.21	9238	2.38	26.40	12.45	21.29
9139	0.827	25.36	12.29	26.42	9239	4.29	25.23	12.45	18.59
9140	4.429	25.93	11.61	19.91	9240	9.39	21.82	12.17	11.49
9141	25.382	19.62	14.02	12.57	9241	16.81	19.79	13.87	7.28
9142	23.312	19.31	14.08	14.88	9242	19.16	20.06	14.01	11.75
9143	11.457	22.94	10.86	27.67	9243	7.71	26.69	12.97	18.08
9144	11.402	22.79	13.88	23.00	9244	0.74	23.64	12.57	24.50
9145	6.609	23.56	12.29	24.42	9245	3.30	24.83	12.93	24.63
9146	10.64	23.03	13.29	24.92	9246	9.76	26.52	12.23	15.32
9147	11.836	24.59	13.12	26.87	9247	17.56	23.38	12.84	20.23
9148	0.724	27.74	12.30	24.01	9248	11.00	22.17	14.83	15.54
9149	3.886	27.56	13.17	20.95	9249	6.20	25.21	13.04	13.00
9150	0.669	27.35	12.23	21.04	9250	10.41	23.43	12.23	11.72
9151	3.88	25.10	12.61	22.78	9251	19.36	18.25	14.07	6.29
9152	7.928	25.50	12.28	16.38	9252	0.75	22.90	12.47	16.47



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9153	16.419	21.09	12.90	21.99	9253	23.04	21.04	13.79	14.41
9154	10.125	24.65	12.94	17.83	9254	23.74	22.02	14.15	18.19
9155	0.22	25.02	12.48	22.92	9255	10.52	20.03	13.17	16.11
9156	0	26.68	11.51	28.42	9256	12.89	20.62	13.66	14.25
9157	0.1	27.67	11.68	24.18	9257	19.19	21.84	11.75	21.54
9158	0.211	25.64	13.22	17.95	9258	24.26	21.31	14.34	10.69
9159	1.61	23.17	12.32	11.75	9259	13.92	21.58	14.46	22.57
9160	0.058	25.76	12.72	11.94	9260	8.87	22.49	14.29	19.29
9161	1.414	25.71	11.74	10.95	9261	0.97	22.98	12.02	25.79
9162	6.532	25.81	11.23	21.35	9262	0.43	22.36	13.56	23.13
9163	0.527	30.50	12.56	25.02	9263	9.70	23.49	13.25	11.62
9164	0	28.16	12.60	26.50	9264	8.92	26.65	12.43	21.14
9165	3.447	28.94	12.08	26.44	9265	12.19	24.60	11.65	16.07
9166	1.778	25.10	11.26	17.80	9266	23.09	17.05	13.89	3.93
9167	7.738	26.83	12.32	14.38	9267	0.02	23.12	13.05	24.40
9168	5.064	25.21	12.94	11.76	9268	2.96	22.99	13.13	22.29
9169	6.598	29.03	12.55	9.21	9269	2.97	20.44	13.03	8.95
9170	2.374	21.79	14.45	17.29	9270	11.43	21.04	13.59	10.36
9171	13.112	21.54	13.76	11.01	9271	7.71	23.08	11.74	20.70
9172	7.193	16.67	13.71	5.35	9272	0.16	23.43	11.68	25.12
9173	43.691	15.65	13.56	1.33	9273	1.64	24.29	12.60	21.76
9174	3.668	21.79	12.49	24.39	9274	5.46	24.89	12.27	18.55
9175	22.408	22.79	12.36	10.70	9275	1.05	24.67	12.89	25.37
9176	30.987	19.20	15.17	6.08	9276	1.42	25.15	13.38	20.98
9177	37.629	17.70	14.35	10.70	9277	1.59	25.54	11.25	18.02
9178	9.429	18.22	11.30	12.06	9278	4.67	25.36	11.68	24.58
9179	12.276	21.36	12.87	13.13	9279	5.65	24.76	12.78	24.03
9180	17.468	20.30	12.65	15.94	9280	12.19	22.54	12.87	9.15
9181	17.924	19.70	14.10	9.91	9281	14.56	21.34	12.60	11.65
9182	19.128	18.79	14.80	10.40	9282	16.11	20.95	9.80	16.41
9183	16.282	20.89	13.98	17.08	9283	11.51	22.73	12.33	13.17
9184	1.119	22.03	12.60	16.40	9284	2.66	22.02	11.00	8.49
9185	1.22	17.18	13.28	6.40	9285	10.46	22.88	12.58	12.03
9186	6.156	25.51	12.19	17.66	9286	1.21	25.68	12.72	21.64
9187	7.666	24.36	12.07	21.07	9287	4.45	25.71	11.22	20.63
9188	4.043	25.16	12.14	19.67	9288	3.13	24.91	11.29	20.93



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9189	3.102	25.75	12.72	23.68	9289	8.20	22.92	11.27	17.40
9190	3.933	26.98	11.82	21.27	9290	0.71	24.12	12.45	20.12
9191	8.09	18.05	13.05	7.79	9291	0.30	18.18	11.80	18.86
9192	14.996	21.87	13.10	17.98	9292	0.03	20.45	11.01	21.18
9193	0.429	22.97	13.03	26.72	9293	0.53	24.21	9.64	18.95
9194	3.6	24.65	12.74	22.00	9294	8.99	20.85	11.78	10.70
9195	2.695	23.28	12.73	26.36	9295	11.13	24.22	9.85	23.10
9196	2.139	26.84	12.85	28.00	9296	4.57	24.61	12.27	16.07
9197	4.988	27.86	10.92	25.36	9297	9.17	24.42	12.06	21.46
9198	0.301	28.23	12.42	27.56	9298	9.58	24.92	11.73	21.54
9199	0.003	25.46	12.08	27.79	9299	14.79	20.11	12.73	15.00
9200	0	26.08	13.49	28.23	9300	8.42	22.44	11.26	18.81
9201	2.407	28.37	11.63	27.32	9301	4.04	22.06	12.01	16.68
9202	0.486	26.85	10.98	27.51	9302	5.43	20.56	10.32	9.95
9203	2.266	26.61	12.04	23.82	9303	12.82	22.11	10.98	19.14
9204	3.873	26.81	11.56	21.03	9304	13.27	18.38	12.08	7.20
10104	0	26.33	10.11	28.43	10204	9.14	19.44	10.01	15.10
10105	0	25.09	6.92	28.39	10205	15.92	21.91	8.64	25.02
10106	0	25.47	8.90	27.48	10206	16.24	23.28	11.84	21.04
10107	0	24.57	6.32	28.89	10207	18.01	21.77	14.63	13.43
10108	0	24.81	3.79	29.19	10208	12.14	22.63	13.50	13.10
10109	0	26.01	6.43	29.05	10209	20.82	17.90	13.94	5.37
10110	0	26.33	5.64	28.88	10210	7.86	23.15	13.03	26.53
10111	0	27.44	8.58	28.72	10211	5.60	24.83	10.59	26.22
10112	0	28.03	7.26	28.26	10212	3.39	25.23	10.76	20.53
10113	0	28.60	10.42	28.44	10213	9.75	24.54	10.99	14.25
10114	0	29.31	8.89	28.56	10214	8.14	23.16	11.79	22.00
10115	0	29.60	9.40	28.76	10215	8.98	23.85	14.12	25.04
10116	0	28.71	11.34	28.61	10216	0.35	19.08	13.09	9.96
10117	0	28.46	6.50	29.17	10217	27.31	19.51	12.95	10.76
10118	0	27.47	6.38	28.70	10218	17.77	22.60	13.33	23.54
10119	0	27.40	6.87	29.25	10219	64.99	19.50	15.45	7.68
10120	0	27.37	6.78	29.54	10220	18.47	21.67	15.02	13.37
10121	0	27.32	6.93	29.36	10221	17.54	23.47	13.53	20.75
10122	0	27.24	4.07	29.12	10222	12.34	22.93	13.26	24.70
10123	0	29.69	6.69	28.85	10223	3.35	24.58	14.18	25.69



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10124	0	30.14	13.40	27.19	10224	9.21	23.07	11.53	11.53
10125	0	30.59	13.50	23.47	10225	3.31	20.91	12.44	19.82
10126	0	29.78	13.49	28.77	10226	12.40	22.79	9.36	23.40
10127	0	29.77	13.55	29.34	10227	9.70	23.64	13.38	14.42
10128	0	32.37	13.33	29.25	10228	12.31	17.33	14.07	5.95
10129	0	31.41	13.70	29.05	10229	11.51	17.05	11.91	5.25
10130	0	31.53	13.71	29.33	10230	15.48	17.81	14.59	8.48
10131	0	31.91	13.68	29.70	10231	8.57	20.68	12.58	14.20
10132	0	26.78	11.97	18.73	10232	5.91	21.64	12.41	11.42
10133	0.1	24.25	12.46	9.13	10233	11.36	24.30	11.88	13.75
10134	0	25.99	10.89	14.51	10234	8.30	18.28	13.33	7.71
10135	6.393	29.11	13.79	11.93	10235	2.97	19.88	13.52	15.42
10136	3.876	29.58	14.06	18.42	10236	9.19	18.94	13.41	8.93
10137	0.134	32.18	13.33	17.27	10237	7.51	19.36	12.79	9.95
10138	2.287	28.26	14.87	12.37	10238	7.20	25.42	11.13	20.53
10139	0.597	28.52	10.90	18.90	10239	25.86	24.65	12.37	12.63
10140	0	28.36	10.44	23.88	10240	11.75	24.77	12.64	20.88
10141	0	31.48	13.19	28.52	10241	3.08	23.17	12.57	23.56
10142	0	29.34	13.55	24.38	10242	6.47	18.88	13.43	9.50
10143	0.024	29.66	12.31	19.66	10243	18.26	18.15	11.78	9.10
10144	0	29.85	13.55	14.02	10244	9.78	20.48	12.01	17.08
10145	4.381	33.07	14.01	12.88	10245	10.70	23.23	12.68	19.61
10146	0.312	33.83	13.88	27.55	10246	11.09	24.53	11.91	24.95
10147	5.009	29.71	14.39	22.54	10247	19.81	17.21	12.97	3.95
10148	5.658	27.50	12.63	13.14	10248	10.90	17.70	12.35	10.19
10149	14.358	24.87	13.44	22.12	10249	0.99	18.04	13.14	10.04
10150	0.137	28.47	8.68	29.14	10250	1.54	20.90	9.89	19.77
10151	0	27.50	5.17	30.18	10251	10.68	21.74	11.01	22.29
10152	0	28.56	7.08	29.66	10252	13.70	21.53	12.58	10.95
10153	0	29.58	6.56	29.50	10253	10.93	19.15	14.80	10.76
10154	0.357	27.99	8.53	15.19	10254	10.19	19.68	14.85	9.32
10155	1.311	28.36	10.36	11.53	10255	0.65	20.55	13.60	16.08
10156	12.428	25.69	10.81	23.78	10256	0.06	20.79	13.22	17.22
10157	15.422	25.63	15.90	24.68	10257	0.72	21.98	13.03	20.09
10158	3.601	28.13	11.55	19.49	10258	9.45	23.76	12.36	16.91
10159	0.017	31.32	13.76	19.08	10259	12.49	23.16	12.19	17.25



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10160	13.482	25.20	13.99	25.67	10260	44.78	15.97	14.33	2.16
10161	12.469	21.59	14.02	15.48	10261	13.62	18.30	13.92	8.73
10162	18.46	19.40	11.75	11.51	10262	17.62	18.66	15.36	8.75
10163	39.084	20.06	15.05	12.42	10263	15.25	19.30	10.47	20.39
10164	13.094	23.81	13.57	18.74	10264	8.44	21.23	10.99	20.28
10165	10.549	23.26	13.10	16.84	10265	11.20	20.44	12.77	15.97
10166	21.835	21.76	12.95	20.88	10266	11.43	21.60	13.55	10.92
10167	11.673	23.23	13.60	17.82	10267	8.78	22.76	13.00	16.69
10168	26.699	17.01	13.79	3.22	10268	2.49	21.96	13.20	17.50
10169	20.06	24.81	14.22	10.45	10269	1.01	20.34	11.58	11.89
10170	2.918	24.33	12.00	26.30	10270	4.84	19.08	12.64	11.89
10171	0.723	25.74	11.09	18.58	10271	0.99	20.32	12.55	18.11
10172	13.905	23.65	13.19	17.40	10272	0.07	23.60	10.96	24.89
10173	6.877	25.22	13.07	18.63	10273	1.15	23.84	10.10	26.00
10174	2.144	25.61	12.78	24.85	10274	0.12	24.82	9.17	25.66
10175	15.946	23.08	13.99	20.87	10275	0.00	23.94	7.94	25.79
10176	5.416	27.01	13.08	22.00	10276	0.00	22.39	7.61	24.99
10177	8.384	26.99	12.59	18.30	10277	0.00	23.41	9.08	25.47
10178	10.767	23.30	13.49	19.52	10278	0.00	20.61	10.06	23.70
10179	26.806	22.43	14.84	14.39	10279	0.05	19.98	10.65	22.35
10180	40.821	18.89	15.43	9.55	10280	0.02	19.06	9.17	22.87
10181	5.413	17.63	13.57	8.70	10281	0.00	23.25	7.46	25.31
10182	6.559	15.70	14.04	3.02	10282	0.00	23.91	8.28	25.19
10183	3.462	20.81	13.02	12.88	10283	0.14	24.38	8.89	25.41
10184	6.819	23.92	11.72	22.48	10284	6.18	24.48	13.18	22.16
10185	10.319	20.39	10.88	19.95	10285	0.35	27.27	10.05	24.82
10186	3.89	23.70	11.95	26.21	10286	0.00	22.95	8.54	24.48
10187	19.537	21.50	10.59	22.34	10287	0.00	21.99	8.43	24.95
10188	9.626	18.76	14.23	11.30	10288	0.00	23.53	9.26	23.19
10189	24.067	19.58	14.04	10.10	10289	0.70	24.96	8.48	23.92
10190	29.846	17.28	13.03	5.92	10290	6.61	22.98	10.54	16.48
10191	22.887	20.16	14.55	8.78	10291	5.80	19.94	9.84	17.21
10192	6.638	24.87	11.56	12.63	10292	9.41	20.89	9.69	23.85
10193	6.099	17.94	13.09	8.49	10293	0.03	25.61	9.73	24.52
10194	1.605	21.70	13.70	16.61	10294	0.00	24.66	7.96	24.71
10195	22.646	21.61	13.05	14.32	10295	0.00	25.13	8.55	24.68



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10196	3.045	21.58	10.99	16.02	10296	0.01	23.84	9.18	24.27
10197	6.918	24.51	10.77	17.36	10297	0.20	27.15	10.08	21.63
10198	6.506	26.36	11.18	14.03	10298	0.00	24.82	9.62	24.32
10199	6.01	25.72	12.82	19.45	10299	0.63	23.74	7.55	23.69
10200	8.949	21.54	13.17	15.96	10300	4.61	24.89	13.03	20.43
10201	4.036	19.46	12.95	8.23	10301	4.15	22.71	12.90	20.38
10202	11.822	22.59	12.80	9.89	10302	4.52	18.33	11.78	8.55
10203	21.027	18.54	12.65	11.49	10303	0.01	20.89	11.85	20.31
11105	0.494	30.00	17.62	25.12	11205	12.43	26.89	16.19	24.52
11106	0.038	29.44	14.63	15.86	11206	4.45	28.73	15.06	27.73
11107	1.62	28.48	15.17	18.99	11207	14.78	25.59	16.17	24.75
11108	8.384	27.28	14.19	26.39	11208	12.54	24.68	15.97	24.26
11109	0	27.40	14.70	19.67	11209	46.73	24.96	18.20	23.22
11110	0.027	29.62	12.72	27.85	11210	40.67	19.91	16.50	4.86
11111	0.003	29.41	15.47	25.78	11211	14.05	26.89	15.50	22.80
11112	0.367	28.44	15.55	23.46	11212	9.62	25.65	15.81	21.94
11113	0.002	27.03	13.71	23.37	11213	18.39	26.53	16.18	21.81
11114	1.274	26.31	15.30	11.20	11214	20.84	27.66	15.44	20.35
11115	2.877	28.46	17.83	21.81	11215	15.94	24.35	16.73	21.74
11116	0.003	28.34	13.94	27.44	11216	12.97	27.07	16.53	24.42
11117	0	29.33	12.21	28.52	11217	17.39	26.49	16.00	26.26
11118	0	32.77	14.11	28.33	11218	22.29	26.20	16.69	24.73
11119	0	32.92	16.54	28.23	11219	21.94	25.17	16.59	27.19
11120	0	32.19	15.14	27.18	11220	28.79	24.79	18.37	24.22
11121	2.091	28.59	16.36	21.05	11221	15.15	24.81	15.42	26.04
11122	0	29.31	14.37	24.39	11222	0.25	27.78	14.43	27.15
11123	0.024	34.45	17.02	28.52	11223	7.39	28.02	16.33	27.18
11124	0	35.75	17.66	27.27	11224	11.88	27.77	16.77	26.59
11125	0	31.33	18.13	21.77	11225	23.85	25.61	15.64	18.94
11126	0.007	31.80	17.92	23.82	11226	18.78	26.48	15.62	23.76
11127	0.003	31.22	17.58	25.68	11227	10.07	26.66	15.63	18.55
11128	0	32.05	16.41	28.07	11228	15.51	24.60	15.82	20.05
11129	0	31.32	15.64	26.99	11229	8.31	27.02	15.43	25.34
11130	0	31.52	16.07	26.73	11230	1.63	27.39	14.15	12.29
11131	0	31.28	16.91	27.24	11231	11.96	27.60	14.00	25.96
11132	0	30.48	14.99	27.50	11232	17.12	25.24	14.07	26.43



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11133	0	31.73	15.35	22.38	11233	16.08	26.18	14.80	19.54
11134	0.721	32.28	18.47	22.44	11234	27.04	22.39	17.50	17.18
11135	1.044	31.29	17.45	25.87	11235	54.60	22.14	17.38	15.62
11136	8.274	29.59	18.92	23.01	11236	26.19	22.48	16.10	20.45
11137	10.775	28.05	18.04	24.86	11237	19.94	23.61	15.40	20.63
11138	0	28.73	16.23	27.86	11238	21.10	22.05	17.83	17.27
11139	1.203	28.86	16.02	27.67	11239	36.78	22.55	17.98	17.49
11140	0.736	28.57	15.67	27.96	11240	30.28	22.24	16.27	15.75
11141	3.086	30.24	18.17	27.64	11241	12.10	21.17	15.82	4.93
11142	0.072	32.30	16.68	27.87	11242	31.35	22.19	14.67	17.08
11143	1.466	28.98	17.23	21.78	11243	8.78	22.96	15.19	17.76
11144	4.019	27.82	19.14	13.36	11244	17.47	23.44	16.36	21.31
11145	2.084	29.96	15.05	24.53	11245	22.06	24.92	15.78	22.16
11146	0.251	31.47	16.22	28.18	11246	5.16	24.29	13.60	23.72
11147	0.024	31.88	17.42	25.93	11247	11.69	24.11	13.84	20.35
11148	0.364	31.32	17.25	26.38	11248	6.29	22.26	15.26	10.32
11149	9.268	29.73	17.48	20.75	11249	1.29	23.65	14.92	16.37
11150	17.913	27.28	16.62	19.09	11250	9.69	23.93	14.69	23.24
11151	0.542	29.28	16.62	25.38	11251	1.10	21.38	12.83	8.05
11152	0	33.53	16.41	28.16	11252	0.01	25.11	13.02	26.09
11153	0	32.07	16.40	27.77	11253	5.16	24.97	13.62	25.05
11154	2.177	28.56	15.90	22.28	11254	1.14	22.88	14.79	9.79
11155	0.031	28.83	15.74	18.89	11255	9.05	28.55	16.12	22.81
11156	3.416	30.30	16.01	24.14	11256	5.25	28.65	16.12	22.43
11157	5.206	27.96	15.54	23.62	11257	15.77	25.65	15.84	20.70
11158	2.067	26.86	15.98	21.02	11258	5.05	21.32	15.95	6.88
11159	12.353	26.86	15.93	19.07	11259	21.41	25.35	15.54	20.85
11160	0.92	26.13	15.41	20.52	11260	4.60	26.69	14.80	25.71
11161	0.161	28.42	14.82	18.74	11261	0.02	27.42	13.17	26.52
11162	4.678	26.58	16.55	27.20	11262	1.38	27.10	14.99	22.51
11163	9.97	27.67	16.33	27.35	11263	3.67	29.34	15.75	22.81
11164	24.922	27.71	16.04	17.69	11264	1.46	24.92	15.77	14.37
11165	20.263	25.67	18.05	24.33	11265	3.23	24.93	16.16	14.31
11166	28.556	23.45	18.03	22.15	11266	17.05	24.57	14.39	20.46
11167	17.985	25.52	14.79	26.48	11267	20.94	26.10	14.59	20.80
11168	13.479	26.96	15.01	24.36	11268	27.45	24.48	16.48	22.40



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11169	7.43	28.31	15.93	25.94	11269	17.99	26.03	15.33	23.07
11170	14.505	24.55	16.66	18.37	11270	16.58	25.08	14.46	22.74
11171	69.808	18.48	15.78	1.55	11271	12.95	26.40	15.51	23.06
11172	3.401	24.73	15.08	25.32	11272	43.33	25.39	15.96	19.50
11173	9.356	25.83	15.70	24.90	11273	24.77	26.20	16.26	19.02
11174	3.756	26.51	16.65	25.68	11274	17.30	27.43	15.22	21.39
11175	13.251	23.84	16.40	18.05	11275	6.94	28.86	14.98	24.00
11176	10.902	26.52	15.79	24.82	11276	0.91	28.71	15.09	24.56
11177	31.28	24.46	17.42	25.15	11277	1.26	30.39	15.24	24.44
11178	27.105	23.27	15.95	18.83	11278	8.08	28.55	15.23	24.19
11179	19.284	22.63	15.32	12.37	11279	8.59	25.70	14.43	22.44
11180	20.493	21.01	17.13	8.72	11280	5.25	24.33	15.01	16.10
11181	23.197	20.33	17.09	8.94	11281	3.13	24.43	15.31	17.89
11182	11.288	22.79	16.32	14.95	11282	9.85	24.09	13.82	17.86
11183	36.269	23.79	15.95	18.63	11283	17.23	23.52	16.75	12.81
11184	31.745	24.29	16.50	16.49	11284	19.96	22.93	15.21	13.83
11185	7.835	25.47	15.26	24.62	11285	0.14	24.99	15.47	20.81
11186	15.752	26.22	16.33	22.05	11286	14.18	26.27	15.94	21.59
11187	12.967	25.67	15.95	22.69	11287	5.21	26.72	15.49	16.67
11188	20.802	24.06	15.54	17.96	11288	0.13	25.54	12.59	22.82
11189	9.167	24.58	15.44	14.66	11289	0.84	26.55	13.72	20.90
11190	28.757	24.12	16.41	18.10	11290	2.06	25.91	13.66	19.85
11191	5.287	23.75	15.97	13.49	11291	5.34	26.35	13.37	21.68
11192	15.745	24.47	15.60	14.15	11292	3.37	25.73	13.61	21.37
11193	31.661	21.18	17.58	16.58	11293	0.76	25.56	13.52	22.52
11194	5.79	23.49	16.35	22.90	11294	0.32	26.92	14.23	23.86
11195	7.474	22.40	15.10	14.84	11295	0.02	25.59	10.88	24.51
11196	35.081	22.37	17.33	14.80	11296	0.00	25.68	12.22	24.09
11197	14.143	23.69	13.82	14.78	11297	0.00	26.71	11.20	24.18
11198	16.401	25.09	16.79	19.50	11298	0.00	25.91	10.68	23.94
11199	18.594	23.16	15.65	21.98	11299	0.00	25.25	10.89	23.78
11200	8.655	26.18	14.26	25.74	11300	0.00	25.56	11.84	23.27
11201	1.799	26.36	14.01	26.31	11301	0.05	27.08	12.80	21.90
11202	9.239	26.02	16.26	26.43	11302	0.00	28.46	12.75	21.19
11203	8.047	26.70	16.35	26.73	11303	0.00	27.21	13.48	22.78
11204	9.905	27.38	16.63	26.67	11304	0.00	29.12	11.66	23.53



Estación: Emma Nochixtlán

DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11104	28.90	13.10	0.00	31.66	11204	27.50	0.00	0	35.287
11105	31.10	8.40	0.00	46.81	11205	26.80	10.60	0	43.851
11106	27.80	8.40	0.00	47.69	11206	26.30	12.90	0	39.48
11107	28.00	12.50	0.00	47.49	11207	28.30	10.90	0	46.122
11108	29.20	0.00	0.00	38.48	11208	25.90	12.00	0	40.736
11109	29.20	9.10	0.00	39.42	11209	26.80	11.80	0	45.583
11110	29.20	11.80	0.00	45.66	11210	28.20	13.30	0	42.165
11111	18.40	10.40	0.00	15.95	11211	28.30	11.10	0	46.644
11112	19.90	11.10	0.00	22.88	11212	26.20	10.00	0	45.436
11113	27.30	9.10	0.00	45.53	11213	25.20	11.80	0	37.406
11114	26.50	8.10	0.00	45.32	11214	24.00	10.70	0	37.289
11115	29.10	7.20	0.00	46.58	11215	20.60	12.80	0	17.38
11116	30.60	12.60	0.00	47.94	11216	22.10	13.50	0	21.361
11117	31.10	10.60	0.00	38.13	11217	24.00	10.50	0	49.05
11118	31.30	14.00	0.75	35.88	11218	23.70	10.10	0	38.488
11119	27.90	13.10	1.25	32.60	11219	26.50	8.70	0	48.35
11120	31.80	11.40	0.00	40.17	11220	25.10	6.70	0	40.636
11121	31.10	12.50	0.00	37.11	11221	22.70	8.90	0	25.581
11122	29.10	11.40	0.00	37.41	11222	22.60	13.90	0	26.447
11123	30.40	11.50	0.00	41.41	11223	25.20	13.70	0	38.082
11124	29.00	13.00	0.00	41.65	11224	25.30	13.30	0	35.428
11125	27.70	12.00	0.00	42.71	11225	24.50	11.40	0	34.906
11126	29.10	11.20	0.00	41.40	11226	25.90	0.00	0	31.362
11127	30.30	13.90	0.00	42.95	11227	24.50	13.70	0	27.385
11128	29.30	12.80	0.00	40.96	11228	24.10	11.50	0	38.608



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11129	30.60	14.00	0.00	38.51	11229	24.50	13.90	0	27.469
11130	28.60	10.30	0.00	48.41	11230	23.60	13.70	0	32.197
11131	29.70	9.40	0.00	46.79	11231	25.50	0.00	0	34.324
11132	30.20	14.40	0.00	47.25	11232	21.20	14.30	0	19.506
11133	30.70	12.40	0.00	48.79	11233	25.20	13.80	0	31.391
11134	29.40	8.40	0.00	48.38	11234	23.20	13.80	0	26.666
11135	29.00	8.80	0.00	47.64	11235	24.00	13.70	0	28.349
11136	29.90	7.20	0.00	48.11	11236	20.70	13.90	0	18.435
11137	30.10	14.30	0.00	47.71	11237	18.90	13.20	0	12.215
11138	28.40	15.40	0.00	37.91	11238	25.40	12.20	0	37.601
11139	24.70	11.80	0.00	34.18	11239	24.90	13.80	0	34.299
11140	19.90	8.70	0.00	13.34	11240	25.30	8.10	0	45.932
11141	24.10	4.20	0.00	44.71	11241	26.20	6.60	0	39.242
11142	26.60	7.20	0.00	43.47	11242	22.00	11.50	0	20.029
11143	25.40	7.10	0.00	42.60	11243	20.90	9.60	0	32.361
11144	24.00	9.70	0.00	46.76	11244	18.10	13.80	0	12.461
11145	26.20	9.30	0.00	44.92	11245	21.00	12.30	0	25.853
11146	29.00	8.00	0.00	37.94	11246	25.30	12.30	0	31.926
11147	26.40	10.30	0.00	29.47	11247	24.80	11.20	0	34.516
11148	28.30	11.30	0.50	35.09	11248	22.90	10.50	0	34.732
11149	28.60	11.20	0.25	44.86	11249	23.30	7.30	0	44.28
11150	28.00	12.90	0.00	36.24	11250	22.20	8.70	0	23.182
11151	25.70	10.40	0.00	35.65	11251	21.10	13.10	0	27.865
11152	26.10	11.60	0.25	28.25	11252	19.80	11.80	0	18.132
11153	27.20	10.30	0.00	39.28	11253	21.40	11.70	0	22.236
11154	26.00	12.90	0.00	25.15	11254	23.40	13.70	0	33.012
11155	24.20	13.10	0.00	29.19	11255	24.60	11.20	0	41.186
11156	25.60	11.40	0.00	39.85	11256	26.80	7.20	0	44.679



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11157	24.20	13.50	0.00	31.87	11257	28.20	10.10	0	35.776
11158	24.00	13.90	0.00	25.99	11258	28.20	10.30	0	41.578
11159	22.60	14.10	0.00	23.70	11259	26.20	13.80	0	26.375
11160	24.90	13.90	0.00	22.07	11260	26.20	0.00	0	34.454
11161	25.30	12.40	0.25	31.89	11261	23.70	0.00	0	30.705
11162	27.20	13.30	0.00	44.06	11262	19.30	13.00	0	15.542
11163	27.00	12.40	0.00	39.07	11263	17.80	12.70	0	10.615
11164	26.10	13.50	0.00	39.20	11264	21.10	13.30	0	14.591
11165	25.10	13.80	0.00	37.70	11265	21.80	13.00	0	31.519
11166	26.30	14.00	0.00	35.38	11266	23.00	11.40	0	22.592
11167	25.20	13.30	0.00	27.43	11267	24.10	8.60	0	32.495
11168	21.70	15.00	0.00	19.95	11268	25.00	11.50	0	42.25
11169	18.70	0.00	0.00	12.96	11269	25.50	9.60	0	31.442
11170	21.90	13.70	0.00	24.57	11270	25.20	13.60	0	29.738
11171	21.10	14.40	0.00	20.82	11271	24.50	13.70	0	22.394
11172	20.90	13.70	0.00	27.24	11272	23.30	12.90	0	24.153
11173	20.30	12.10	0.00	37.23	11273	21.80	14.00	0	17.322
11174	21.60	11.00	0.00	31.07	11274	23.00	12.20	0	16.259
11175	21.10	13.30	0.00	26.16	11275	21.00	11.00	0	27.461
11176	26.50	12.80	0.00	42.46	11276	21.60	6.80	0	27.942
11177	25.10	13.80	0.00	26.80	11277	17.90	10.70	0	15.231
11178	24.90	13.90	0.00	27.66	11278	24.00	11.10	0	27.775
11179	26.10	12.90	0.00	37.85	11279	25.80	6.90	0	39.348
11180	21.80	14.50	0.00	26.66	11280	15.60	6.50	0	9.934
11181	21.70	13.40	0.00	27.32	11281	26.20	3.90	0	39.376
11182	24.30	13.00	0.00	24.69	11282	24.70	1.60	0	43.128
11183	22.70	14.30	0.00	26.32	11283	21.80	0.30	0	43.004
11184	21.90	13.80	0.00	23.95	11284	21.90	0.80	0	41.855



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11185	19.30	13.80	0.00	22.77	11285	20.80	2.00	0	41.346
11186	21.90	14.40	0.00	17.36	11286	21.20	4.70	0	41.033
11187	22.60	13.90	0.00	34.57	11287	24.60	-0.20	0	41.71
11188	21.80	13.30	0.00	27.61	11288	26.20	0.80	0	40.044
11189	26.20	10.90	0.00	38.86	11289	24.60	3.10	0	40.088
11190	27.50	11.70	0.00	38.23	11290	19.70	9.70	0	15.14
11191	25.00	12.90	0.00	41.27	11291	26.00	5.00	0	37.794
11192	24.30	10.50	0.00	41.40	11292	18.60	0.00	0	38.637
11193	22.20	13.50	0.00	38.37	11293	23.30	3.50	0	38.225
11194	23.90	9.50	0.00	47.72	11294	22.80	5.30	0	25.384
11195	26.70	11.00	0.00	41.72	11295	22.90	0.00	0	32.721
11196	26.70	9.90	0.00	38.30	11296	19.90	0.00	0	18.882
11197	26.10	12.80	0.00	34.40	11297	26.90	10.50	0	34.835
11198	22.10	14.40	0.00	25.62	11298	26.80	6.20	0	34.254
11199	22.00	14.00	0.00	34.05	11299	27.60	5.70	0	36.733
11200	20.90	0.00	0.00	25.78	11300	28.60	4.50	0	35.631
11201	21.20	14.20	0.00	21.04	11301	26.30	4.70	0	35.67
11202	22.20	13.40	0.00	28.46	11302	17.60	10.60	0	10.563
11203	23.10	14.30	0.00	29.04	11303	19.60	5.90	0	23.709

Estación Nochixtlán

DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10104	0	30	9	25.37	10204	31	21	14	14.95
10105	0	31	8	26.51	10205	0	24	13	24.45
10106	0	30	7	23.46	10206	0	26	14	16.78
10107	0	29	8	27.55	10207	0	24	14	22.13
10108	0	28	10	29.36	10208	0	24	14	15.77
10109	0	29	9	29.22	10209	5	24	13	2.02
10110	0	30	6	29.20	10210	0	23	12	14.63
10111	0	29	8	27.67	10211	0	24	13	25.10



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10112	0	28	7	27.08	10212	0	22	13	21.46
10113	0	30	6	24.22	10213	0	25	10	22.10
10114	0	30	7	26.89	10214	0	26	9	10.24
10115	0	30	5	23.42	10215	0	25	10	7.83
10116	0	31	8	24.38	10216	0	21	8	1.67
10117	0	30	9	29.41	10217	0	23	12	7.28
10118	0	31	8	28.98	10218	0	24	10	20.07
10119	0	30	5	29.55	10219	0	26	10	11.51
10120	0	29	6	29.90	10220	19	26	11	19.52
10121	0	30	6	29.78	10221	0	27	13	24.97
10122	0	32	5	28.91	10222	7	27	12	23.81
10123	0	32	4	29.14	10223	10	26	13	21.64
10124	0	28	8	27.71	10224	5	26	12	11.17
10125	0	31	8	29.49	10225	8	25	10	25.84
10126	0	32	9	29.61	10226	2.5	24	11	23.21
10127	0	31	9	30.02	10227	32	25	11	15.25
10128	0	31	11	29.49	10228	12	23	12	2.53
10129	0	30	9	27.33	10229	27	24	13	3.01
10130	0	31	7	27.73	10230	28	23	13	8.86
10131	0	31	8	30.20	10231	12	20	13	12.72
10132	0	30	7	29.39	10232	0	23	12	9.23
10133	0	29	9	8.81	10233	7	22	10	9.03
10134	0	28	14	26.51	10234	12	21	12	1.61
10135	0	29	15	24.81	10235	9	23	12	1.75
10136	0	28	10	25.82	10236	11	22	13	10.34
10137	0	29	11	23.55	10237	13	23	11	12.15
10138	0	30	12	27.08	10238	9	24	11	21.98
10139	0	30	11	21.97	10239	7	23	10	18.97
10140	0	31	12	25.17	10240	11	24	10	17.89
10141	0	31	10	29.29	10241	9	23	10	9.18
10142	0	32	11	29.17	10242	10	25	9	2.97
10143	0	31	10	28.51	10243	0	25	10	11.50
10144	0	32	11	29.23	10244	0	21	10	5.29
10145	0	31	11	28.89	10245	0	24	12	22.52
10146	0	29	12	27.33	10246	23	23	12	12.50
10147	0	26	11	24.19	10247	24	22	12	3.17



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10148	0	27	11	27.38	10248	8	19	12	17.74
10149	0	32	11	23.52	10249	0	22	11	18.88
10150	0	31	13	14.45	10250	14	24	11	15.56
10151	0	32	17	30.17	10251	0	25	12	20.58
10152	0	31	8	25.72	10252	2	25	12	14.50
10153	0	32	8	21.13	10253	1.2	25	13	13.86
10154	0	30	10	9.38	10254	0	24	12	9.21
10155	0	33	10	15.89	10255	0	23	12	5.17
10156	0	32	11	19.52	10256	0	24	12	2.83
10157	0	31	15	18.08	10257	0	22	11	4.57
10158	0	31	12	27.93	10258	0	22	12	8.46
10159	0	30	13	28.64	10259	0	23	13	19.70
10160	0	28	11	28.03	10260	5	24	12	3.76
10161	20	26	14	16.38	10261	8	23	11	7.66
10162	12	29	12	7.95	10262	10	24	12	8.31
10163	8	30	15	10.97	10263	0	24	12	18.79
10164	0	28	14	14.33	10264	0	24	11	20.65
10165	0	27	13	11.42	10265	0	24	13	15.16
10166	5	25	13	14.32	10266	0	23	13	12.51
10167	17	23	15	10.23	10267	0	24	13	14.49
10168	0	23	14	5.17	10268	0	20	12	4.11
10169	0	24	13	11.45	10269	10	20	10	1.93
10170	0	24	10	11.32	10270	7	21	10	2.97
10171	0	24	9	17.75	10271	0	20	9	3.43
10172	0	25	11	6.81	10272	0	20	7	19.73
10173	0	24	10	17.93	10273	0	20	6	26.65
10174	0	26	9	20.26	10274	0	20	5	25.27
10175	0	25	10	16.51	10275	0	20	6	26.03
10176	0	26	11	24.04	10276	0	21	5	22.65
10177	10	27	9	20.37	10277	0	19	5	25.44
10178	20	27	12	23.41	10278	0	19	7	7.03
10179	22	26	11	12.19	10279	0	20	5	6.31
10180	15	28	14	14.27	10280	0	20	4	3.68
10181	0	27	12	17.96	10281	0	21	5	14.09
10182	0	23	13	20.72	10282	0	24	7	25.39
10183	0	27	13	14.55	10283	0	25	5	25.82



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10184	46	27	14	21.86	10284	0	24	5	22.88
10185	0	24	11	15.20	10285	0	23	4	25.03
10186	0	27	12	21.38	10286	0	25	5	23.36
10187	30	26	15	16.29	10287	0	20	6	24.99
10188	25	26	14	5.69	10288	0	21	6	17.68
10189	27	27	15	3.63	10289	0	23	4	24.01
10190	17	26	13	3.67	10290	0	25	6	22.26
10191	0	24	12	13.45	10291	0	26	8	17.89
10192	4	23	13	12.18	10292	0	26	6	23.96
10193	5	20	12	1.86	10293	0	25	3	24.95
10194	0	23	11	7.08	10294	0	24	3	24.74
10195	0	22	9	7.35	10295	0	26	1	24.72
10196	0	23	10	20.95	10296	0	27	1	24.85
10197	0	20	9	25.75	10297	0	27	1	22.18
10198	0	21	10	22.11	10298	0	27	1	24.39
10199	0	23	10	13.57	10299	0	28	3	24.10
10200	0	23	14	16.12	10300	0	27	5	23.11
10201	15	23	14	6.88	10301	0	25	7	6.66
10202	0	24	14	4.28	10302	0	20	11	2.81
10203	5	23	13	9.31	10303	0	21	11	3.43
11104	0	30	8	27.95	11204	0	26	10	22.41
11105	0	29	12	22.91	11205	0	25	12	20.44
11106	0	26	13	23.68	11206	0	24	12	28.61
11107	0	28	11	14.65	11207	0	25	11	26.06
11108	6	28	10	17.93	11208	0	26	10	8.70
11109	9	29	11	22.29	11209	0	25	12	17.09
11110	0	27	8	18.75	11210	0	25	13	4.06
11111	4	27	9	20.23	11211	0	22	12	19.55
11112	0	28	8	19.23	11212	12	22	14	9.04
11113	0	27	11	19.76	11213	0	21	13	9.36
11114	0	28	12	19.44	11214	0	22	12	9.62
11115	0	29	13	22.25	11215	0	24	13	14.16
11116	0	28	15	24.89	11216	0	26	12	23.26
11117	0	24	10	29.02	11217	0	24	10	28.38
11118	0	29	8	29.16	11218	13	26	11	23.11
11119	0	28	12	27.54	11219	10	26	11	27.71



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11120	0	29	9	27.28	11220	15	25	11	22.09
11121	0	29	10	20.48	11221	0	25	10	21.87
11122	0	29	11	28.39	11222	0	26	11	24.69
11123	0	19	10	27.64	11223	0	25	10	28.36
11124	0	21	10	27.00	11224	0	26	10	28.24
11125	0	25	8	15.05	11225	0	25	12	18.09
11126	0	27	9	28.79	11226	0	24	10	17.26
11127	0	29	7	26.58	11227	0	25	11	12.41
11128	0	30	10	29.43	11228	0	27	10	7.79
11129	17	30	10	23.56	11229	0	24	10	28.03
11130	2	27	11	15.58	11230	0	23	10	13.48
11131	0	30	11	19.71	11231	0	15	8	24.93
11132	0	30	12	16.18	11232	0	25	7	28.19
11133	0	28	11	13.82	11233	32	22	9	18.14
11134	0	29	11	27.63	11234	0	22	10	10.00
11135	23	28	12	24.86	11235	0	24	13	9.41
11136	8	26	11	20.62	11236	0	24	12	12.61
11137	0	28	10	25.54	11237	0	24	11	17.19
11138	0	28	14	28.55	11238	20	25	11	8.67
11139	0	28	12	27.99	11239	0	23	13	10.10
11140	0	29	14	25.51	11240	8	24	11	12.62
11141	0	29	10	23.57	11241	10	23	13	2.75
11142	0	29	10	29.85	11242	20	26	13	5.88
11143	0	31	12	23.59	11243	0	25	13	6.47
11144	0	30	9	28.15	11244	8	22	9	4.33
11145	0	29	9	29.92	11245	10	24	7	13.81
11146	0	30	8	29.91	11246	0	23	4	10.24
11147	0	29	11	29.71	11247	12	23	8	10.60
11148	0	28	10	29.22	11248	0	21	13	16.57
11149	0	29	10	23.47	11249	0	19	13	13.15
11150	0	28	11	22.43	11250	13	24	11	22.86
11151	0	29	10	26.94	11251	0	23	13	17.54
11152	0	20	11	23.78	11252	0	24	8	27.09
11153	0	24	4	28.05	11253	0	25	6	22.40
11154	0	26	7	17.94	11254	0	21	10	6.91
11155	0	26	6	20.87	11255	0	21	9	8.81



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11156	0	25	9	29.29	11256	0	22	11	10.19
11157	0	26	9	12.47	11257	0	21	10	8.67
11158	0	27	8	17.77	11258	0	24	11	7.16
11159	0	26	11	18.94	11259	0	24	11	10.06
11160	0	28	11	19.42	11260	0	23	11	25.12
11161	0	27	11	19.15	11261	0	24	7	27.02
11162	0	27	14	17.45	11262	0	21	8	20.54
11163	0	26	10	12.29	11263	0	21	11	12.06
11164	0	25	11	13.37	11264	0	20	10	9.78
11165	0	27	10	20.60	11265	0	22	11	6.38
11166	43	26	12	15.58	11266	0	23	13	6.44
11167	0	24	13	10.38	11267	0	24	12	19.69
11168	0	25	11	23.59	11268	0	26	7	11.73
11169	0	24	13	25.19	11269	0	26	10	22.39
11170	12	24	13	8.79	11270	0	27	9	24.13
11171	15	23	12	3.12	11271	0	25	10	21.15
11172	105	23	13	11.06	11272	0	25	12	13.92
11173	0	24	11	11.52	11273	0	25	11	13.43
11174	16	25	13	23.50	11274	0	25	11	13.19
11175	0	25	12	16.78	11275	0	23	11	8.16
11176	0	26	13	18.47	11276	0	23	10	8.30
11177	0	25	12	21.19	11277	0	22	9	10.20
11178	0	25	13	18.19	11278	0	21	8	11.65
11179	22	26	12	7.01	11279	0	24	8	20.39
11180	5	21	13	8.22	11280	0	26	9	18.80
11181	0	19	13	9.35	11281	0	24	10	6.14
11182	0	21	13	7.91	11282	0	23	9	2.69
11183	12	22	13	7.98	11283	10	23	13	2.46
11184	0	21	13	4.77	11284	3	22	12	10.57
11185	0	20	11	22.90	11285	0	21	13	7.76
11186	0	22	11	11.02	11286	0	22	11	9.47
11187	0	21	8	11.08	11287	0	20	11	20.21
11188	0	25	9	16.87	11288	0	21	7	23.42
11189	7	23	14	12.52	11289	0	19	10	16.94
11190	25	24	13	5.69	11290	0	23	11	20.17
11191	16	24	14	13.74	11291	0	25	7	22.94



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11192	7	22	12	5.72	11292	0	26	6	6.90
11193	0	22	13	8.38	11293	0	23	4	16.55
11194	10	22	12	5.27	11294	0	24	2	25.54
11195	16	21	13	7.41	11295	0	21	1	25.23
11196	0	22	13	3.95	11296	0	21	1	24.91
11197	9	20	12	10.94	11297	0	21	2	24.71
11198	7	22	14	11.80	11298	0	21	5	24.62
11199	0	23	14	12.47	11299	0	23	1	24.66
11200	0	22	13	17.07	11300	0	25	1	24.14
11201	0	25	11	24.90	11301	0	24	3	23.43
11202	0	26	12	22.32	11302	0	24	8	7.92
11203	0	25	12	23.83	11303	0	25	2	22.96

Estación: Etlatongo.

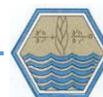
DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9104	0	29	12	24.99	9204	0	27	10	26.28
9105	0	30	12	24.39	9205	0	25	12	7.19
9106	0	30	10	21.76	9206	0	26	11	13.96
9107	0	30	10	25.55	9207	0	24	11	9.97
9108	0	31	13	21.01	9208	25.5	25	12	10.03
9109	56.5	32	10	24.69	9209	0	26	12	19.51
9110	0	30	10	5.27	9210	0	28	10	26.23
9111	0	28	10	26.90	9211	0	28	10	28.26
9112	0	29	9	25.89	9212	0	27	12	24.18
9113	0	29	9	16.43	9213	0	28	10	23.12
9114	0	31	10	27.59	9214	0	25	10	2.33
9115	0	31	9	29.23	9215	0	23	13	13.58
9116	0	30	8	28.89	9216	0	28	12	14.72
9117	0	30	8	29.47	9217	0	26	10	15.53
9118	0	31	10	29.10	9218	0	26	11	23.28
9119	0	29	10	24.63	9219	0	27	10	27.78
9120	0	31	11	28.51	9220	0	32	11	21.56



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9121	0	31	12	25.96	9221	0	28	11	19.28
9122	0	31	8	20.83	9222	0	25	13	8.90
9123	0	31	8	22.49	9223	0	25	9	9.31
9124	0	32	9	25.66	9224	0	26	10	25.67
9125	0	31	10	29.16	9225	0	25	10	25.43
9126	0	33	11	28.18	9226	0	28	13	20.97
9127	0	32	12	29.45	9227	0	29	11	23.76
9128	0	32	10	21.45	9228	0	28	15	26.15
9129	0	32	9	19.04	9229	0	27	14	14.19
9130	0	31	10	27.62	9230	9	27	12	3.72
9131	0	29	10	28.98	9231	9	30	12	9.55
9132	0	27	10	27.73	9232	0	32	14	11.49
9133	1.5	30	14	19.74	9233	0	29	15	20.46
9134	1	29	14	16.81	9234	0	26	12	10.49
9135	18	28	13	10.26	9235	0	29	10	16.98
9136	32.5	27	14	8.56	9236	0	27	13	13.83
9137	0	27	14	14.08	9237	0	28	10	15.38
9138	2.5	27	14	4.15	9238	0	32	11	15.98
9139	0	29	13	10.05	9239	0	30	15	17.28
9140	14	29	10	20.44	9240	10	28	10	15.14
9141	0	28	11	8.54	9241	11	29	15	9.66
9142	0	26	10	10.29	9242	10	30	14	12.12
9143	0	27	11	25.92	9243	2.3	30	14	23.15
9144	0	27	14	21.10	9244	0	29	13	8.05
9145	0	30	12	24.36	9245	0	29	13	10.16
9146	0	28	10	25.05	9246	0	32	10	20.16
9147	0	28	11	20.92	9247	23.5	33	12	23.80
9148	7	30	11	28.36	9248	17.5	31	15	23.88
9149	0	28	12	28.96	9249	3.5	30	13	20.48
9150	0	29	11	26.34	9250	13.5	30	14	8.62
9151	0	30	13	23.14	9251	22.5	30	15	3.40
9152	9	29	12	20.82	9252	9	31	13	18.22
9153	0	28	11	21.57	9253	6.5	28	15	16.52
9154	0	27	12	26.35	9254	20	28	15	15.77
9155	0	27	15	26.95	9255	0	28	15	16.11
9156	0	27	15	29.70	9256	1.5	30	14	10.18



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9157	0	29	10	29.79	9257	2	31	12	18.74
9158	0	30	11	26.08	9258	5.5	28	13	3.82
9159	0	27	13	20.52	9259	1.5	30	14	8.02
9160	0	28	15	22.62	9260	0	26	14	20.76
9161	0	31	11	24.89	9261	0	24	15	4.80
9162	0	31	11	27.35	9262	0	22	14	4.81
9163	0	30	12	26.76	9263	0	22	14	10.35
9164	0	29	11	29.75	9264	0	25	12	18.60
9165	0	30	12	29.65	9265	8	25	14	20.89
9166	0	29	10	27.55	9266	20	23	14	1.36
9167	4	29	11	24.43	9267	1	20	13	4.70
9168	0	28	12	18.46	9268	0	21	13	10.42
9169	0	27	12	19.50	9269	14	19	15	5.91
9170	4.5	27	13	6.63	9270	19	18	15	12.83
9171	4.5	28	15	10.96	9271	0	25	14	18.48
9172	8	30	15	5.02	9272	0	28	13	5.78
9173	0.5	30	13	3.63	9273	0	30	13	9.16
9174	0	29	10	15.02	9274	0	22	10	22.74
9175	1	29	12	6.95	9275	0	25	9	25.90
9176	20	25	13	6.12	9276	0	28	9	25.88
9177	18.5	27	14	7.83	9277	0	24	10	25.10
9178	0.5	26	15	6.72	9278	0	28	9	25.40
9179	2	26	15	12.63	9279	1	26	8	21.92
9180	24	27	14	4.65	9280	0	23	11	6.84
9181	80	28	14	7.05	9281	0	27	12	12.36
9182	25	25	13	9.37	9282	8	23	10	18.41
9183	0	24	15	12.32	9283	0	25	11	21.26
9184	8.8	24	13	8.78	9284	0	26	13	4.09
9185	1	23	14	6.62	9285	10	24	14	13.06
9186	25	24	13	25.42	9286	0	25	13	18.85
9187	0	26	10	26.44	9287	0	25	10	22.61
9188	0	27	11	24.67	9288	0	27	8	21.29
9189	0	28	12	25.40	9289	0	26	11	17.16
9190	12	27	12	28.88	9290	4	24	12	13.33
9191	6.5	25	12	1.75	9291	0	27	12	1.42
9192	1	23	13	7.75	9292	0	23	10	3.74



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9193	0	23	13	6.92	9293	0	26	8	22.17
9194	0	24	13	6.02	9294	0	27	8	14.63
9195	0	28	14	5.72	9295	0	28	9	23.38
9196	0	26	12	24.52	9296	0	27	11	21.75
9197	0	27	10	27.12	9297	5	26	12	19.53
9198	0	27	11	24.95	9298	7	25	12	19.24
9199	0	25	13	11.70	9299	0	24	14	16.60
9200	0	24	12	20.63	9300	23	24	12	19.04
9201	0	26	12	27.46	9301	0	23	13	15.81
9202	0	22	10	29.25	9302	0	24	12	14.96
9203	0	27	12	29.43	9303	4	27	14	14.30

Estación: Tejomulco

DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11104	0	33	16	26.637	11204	52.5	29	17	24.098
11105	0	31	15	26.109	11205	23	27	17	26.944
11106	0	31	18	13.442	11206	14	28	17	27.534
11107	0	31	18	17.192	11207	52	29	17	23.264
11108	23	31	18	26.355	11208	8	26	17	26.149
11109	6	30	18	21.771	11209	56	26	17	20.147
11110	0	32	16	27.759	11210	13	29	17	2.74
11111	1	32	16	27.271	11211	6.5	24	18	22.389
11112	0	30	16	19.471	11212	0	24	18	19.945
11113	29.5	30	17	25.961	11213	23	26	18	21.286
11114	21	29	17	20.934	11214	14	26	18	18.133
11115	11.3	31	17	26.295	11215	0	26	18	18.382
11116	0	30	19	27.057	11216	0	27	17	23.23
11117	0	34	15	28.269	11217	0	27	18	25.454
11118	0	35	16	28.087	11218	0	29	18	23.705
11119	0	35	16	28.053	11219	2.5	29	18	26.966
11120	0	32	16	27.695	11220	9.2	27	18	25.555
11121	0	33	16	18.225	11221	0	29	17	24.905
11122	0	35	16	27.574	11222	9	29	17	26.871
11123	0	35	16	28.179	11223	7	26	17	27.057



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11124	0	33	16	27.973	11224	5.5	25	17	26.64
11125	6.2	34	16	23.958	11225	9	26	17	14.923
11126	0	35	16	26.517	11226	21.5	25	17	22.321
11127	0	35	16	24.916	11227	23	26	16	15.762
11128	0	35	16	27.45	11228	4	26	17	11.776
11129	0	33	16	27.577	11229	4.8	25	17	25.348
11130	0	32	16	26.617	11230	0	27	18	16.623
11131	0	27	16	27.338	11231	4.5	28	18	25.196
11132	0	34	16	27.525	11232	3.5	28	16	26.023
11133	0	33	16	26.587	11233	34.5	29	18	18.022
11134	0	31	15	21.911	11234	6	28	16	15.609
11135	0	31	16	17.931	11235	6.2	29	17	18.086
11136	0	31	18	20.678	11236	34	29	17	18.519
11137	0	31	18	24.395	11237	74.5	29	17	17.251
11138	23	31	18	27.159	11238	1.5	29	17	17.934
11139	6	30	16	26.325	11239	0	28	17	18.53
11140	0	30	16	27.581	11240	22.5	28	18	16.955
11141	1	32	16	27.525	11241	12.6	27	18	3.08
11142	0	30	17	27.906	11242	0	27	18	15.101
11143	29.5	30	17	20.293	11243	2.5	26	18	17.01
11144	21	29	17	22.317	11244	9	28	17	18.756
11145	11.3	31	19	25.949	11245	2.5	29	18	22.14
11146	0	30	15	27.821	11246	0	26	18	25.266
11147	0	34	16	24.423	11247	22	26	18	22.792
11148	0	35	16	27.24	11248	11.1	25	18	3.153
11149	0	35	16	16.637	11249	3	25	18	6.652
11150	0	32	16	20.246	11250	52	27	17	14.33
11151	0	32	16	20.146	11251	17	26	18	7.974
11152	0	31	18	27.539	11252	8	32	18	24.826
11153	0	30	18	27.359	11253	0	28	16	20.857
11154	29.5	29	15	18.637	11254	15	28	18	11.041
11155	0	32	15	18.43	11255	0	28	16	22.068
11156	54	31	17	27.597	11256	0	26	17	17.414
11157	32	31	16	21.827	11257	0	26	17	22.453
11158	3	28	16	23.022	11258	0	27	17	9.741
11159	0	30	17	22.121	11259	4.6	29	17	20.204



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11160	0	31	17	22.102	11260	0	29	17	23.584
11161	8	31	18	26.921	11261	0	29	17	26.098
11162	1	29	19	26.82	11262	0	29	16	24.975
11163	1	27	18	26.682	11263	0	27	16	19.508
11164	1.5	29	18	23.764	11264	0	26	18	10.397
11165	12	29	17	24.679	11265	0	26	17	9.313
11166	72.5	28	17	23.404	11266	67	29	17	22.213
11167	33	27	17	25.67	11267	12	29	17	19.611
11168	2	29	16	25.06	11268	24	27	16	22.509
11169	2	27	16	22.682	11269	0	28	16	23.509
11170	5.5	27	18	12.834	11270	39	29	18	19.651
11171	2	27	18	1.761	11271	29	29	18	22.027
11172	5.3	21	17	24.06	11272	11	27	17	18.54
11173	14	29	17	24.143	11273	45.5	29	17	17.551
11174	52.5	29	17	25.423	11274	0	31	17	21.244
11175	23	27	17	16.441	11275	0	29	17	23.502
11176	14	28	17	24.303	11276	0	29	17	24.318
11177	52	29	17	24.462	11277	0	29	17	24.311
11178	8	26	17	16.714	11278	0	30	18	24.202
11179	56	26	17	12.786	11279	0	29	18	21.339
11180	13	29	17	7.737	11280	60	29	16	20.631
11181	6.5	27	18	9.363	11281	40	29	16	10.28
11182	0	31	18	19.345	11282	1	28	17	21.752
11183	0	30	18	18.969	11283	47	25	17	14.807
11184	29.5	29	15	17.104	11284	30	24	17	10.974
11185	0	32	15	24.336	11285	2.5	24	17	20.512
11186	54	31	17	23.709	11286	19.8	26	17	22.55
11187	32	31	16	11.7	11287	0	29	17	20.793
11188	3	28	16	19.255	11288	0	29	15	21.925
11189	0	38	17	10.227	11289	0	31	15	21.152
11190	0	31	17	19.462	11290	0	29	15	20.007
11191	8	31	18	13.566	11291	1.5	29	15	19.709
11192	1	29	19	18.843	11292	0	26	16	19.414
11193	1	27	18	8.202	11293	0	29	15	23.011
11194	1.5	29	18	23.279	11294	0	29	14	23.702
11195	12	29	18	20.768	11295	0	30	13	24.387



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
11196	72.5	28	17	17.467	11296	0	28	12	23.973
11197	33	27	17	15.258	11297	0	28	12	24.151
11198	2	29	17	19.771	11298	0	28	13	23.808
11199	2	27	16	18.853	11299	0	30	12	23.718
11200	5.5	27	16	22.877	11300	0	30	14	23.133
11201	2	27	18	25.387	11301	0	30	15	20.763
11202	5.3	27	18	26.419	11302	0	29	14	21.825
11203	16	29	17	26.746	11303	0	29	15	22.193

Estación: Tilantongo

DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10104	0	27	10	26.01	10204	7	21	11	18.3
10105	0	28	11	26.27	10205	0	24	13	24.1
10106	2	25	12	23.19	10206	2	26	14	21.1
10107	0	24	9	27.07	10207	0	27	13	18.6
10108	0	25	8	29.53	10208	10	21	12	13.9
10109	0	26	7	29.38	10209	4	20	13	2.7
10110	0	27	8	29.25	10210	0	19	12	23.1
10111	0	28	9	28.71	10211	0	22	11	27.2
10112	0	29	10	26.99	10212	0	22	12	24.3
10113	0	27	12	25.35	10213	0	20	10	19.8
10114	0	29	11	27.69	10214	0	23	12	20.5
10115	0	28	12	26.04	10215	0	22	13	18.3
10116	0	29	13	23.76	10216	0	20	12	2.8
10117	0	27	11	29.49	10217	6	21	12	8.6
10118	0	29	10	29.20	10218	10	25	13	21.3
10119	0	27	9	29.65	10219	4	22	14	8.5
10120	0	26	12	29.84	10220	2	23	12	16.0
10121	0	28	12	29.78	10221	12	22	13	23.6
10122	0	30	10	29.13	10222	0	23	14	25.7
10123	0	29	9	29.11	10223	6	22	13	22.4
10124	0	26	12	28.13	10224	19	23	12	14.9
10125	0	28	11	28.86	10225	0	20	13	25.3
10126	0	26	12	29.63	10226	4	21	12	23.7
10127	0	29	13	30.11	10227	12	22	13	17.4



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10128	0	27	12	29.68	10228	18	21	12	5.5
10129	0	26	13	29.09	10229	65	22	10	4.1
10130	0	29	12	28.80	10230	6	21	12	8.9
10131	0	25	11	30.39	10231	18	19	13	13.1
10132	0	26	12	27.85	10232	0	21	12	10.3
10133	0	27	13	7.98	10233	0	20	13	13.0
10134	25	26	12	20.07	10234	10	19	12	2.9
10135	0	25	11	20.81	10235	10	19	11	2.8
10136	0	26	12	23.58	10236	3	21	12	10.0
10137	0	25	14	21.63	10237	22	20	11	10.5
10138	0	24	13	17.98	10238	0	22	12	20.8
10139	9	26	12	18.98	10239	0	23	13	13.6
10140	0	28	13	21.91	10240	0	20	12	21.9
10141	0	29	12	29.24	10241	3	19	13	15.8
10142	0	28	13	25.62	10242	12	20	12	5.6
10143	0	29	14	23.28	10243	2	20	13	10.5
10144	0	30	13	25.26	10244	2	20	13	7.5
10145	0	28	12	25.54	10245	0	22	12	19.6
10146	0	26	14	28.87	10246	10	20	13	21.7
10147	0	24	12	26.77	10247	40	17	14	3.6
10148	1	25	11	20.33	10248	11	18	11	12.2
10149	1	24	12	19.81	10249	3	21	12	16.5
10150	0	30	13	18.21	10250	11	23	11	15.0
10151	0	26	14	30.35	10251	4	22	12	20.0
10152	0	30	12	26.27	10252	5	24	13	12.3
10153	0	28	14	22.97	10253	4	23	12	10.3
10154	0	30	13	9.36	10254	3	22	11	9.2
10155	0	31	14	11.55	10255	0	20	13	9.6
10156	0	30	15	19.61	10256	0	18	12	6.0
10157	3	29	13	20.25	10257	0	20	11	10.2
10158	6	30	12	25.93	10258	0	21	13	14.2
10159	5	25	13	25.77	10259	2	22	12	16.4
10160	3	26	12	27.41	10260	3	19	14	3.0
10161	8	27	13	18.05	10261	20	22	13	8.4
10162	25	25	14	10.02	10262	17	23	12	8.2
10163	9	24	13	10.00	10263	1	22	11	16.9



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10164	0	22	12	17.02	10264	0	23	13	17.7
10165	0	24	11	16.25	10265	0	22	14	16.2
10166	10	23	14	15.84	10266	11	21	13	12.5
10167	10	20	12	17.37	10267	2	20	14	21.0
10168	1	21	10	5.90	10268	0	19	13	9.7
10169	0	20	11	13.45	10269	10	17	12	4.8
10170	0	21	10	20.06	10270	11	16	11	4.7
10171	0	22	11	19.38	10271	0	17	13	7.1
10172	0	23	12	12.48	10272	0	21	10	22.2
10173	0	24	11	21.96	10273	0	19	9	26.6
10174	0	25	12	24.11	10274	0	20	9	25.7
10175	0	23	13	19.89	10275	0	21	8	26.1
10176	0	24	12	25.43	10276	0	18	10	23.1
10177	0	23	13	22.43	10277	0	19	7	25.8
10178	8	24	12	19.49	10278	0	18	10	15.5
10179	12	22	13	15.28	10279	0	17	9	11.8
10180	17	21	12	16.05	10280	0	16	5	5.9
10181	0	15	11	16.70	10281	0	20	6	24.2
10182	0	21	13	10.33	10282	0	21	8	25.5
10183	0	24	12	12.32	10283	0	24	7	25.8
10184	22	22	13	21.96	10284	0	25	9	22.5
10185	0	24	12	16.89	10285	0	23	10	25.0
10186	32	25	14	26.08	10286	0	20	9	23.5
10187	11	23	13	22.74	10287	0	18	8	25.2
10188	17	22	12	6.92	10288	0	19	7	22.4
10189	33	21	11	6.24	10289	0	22	8	24.3
10190	10	17	13	3.84	10290	0	23	9	18.1
10191	0	20	12	12.00	10291	0	24	10	19.9
10192	0	21	13	17.73	10292	0	25	9	24.1
10193	6	20	14	3.15	10293	0	24	10	25.0
10194	6	19	13	12.71	10294	0	23	8	24.8
10195	0	18	12	13.26	10295	0	22	7	24.8
10196	0	22	11	20.87	10296	0	25	6	24.9
10197	0	20	12	27.86	10297	0	26	7	22.0
10198	0	21	11	21.10	10298	0	25	6	24.6
10199	3	22	10	21.04	10299	0	26	7	24.2



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
10200	0	21	11	19.37	10300	0	25	8	22.6
10201	20	22	13	8.83	10301	2	23	8	13.7
10202	0	24	13	7.15	10302	0	18	10	4.6
10203	9	20	12	10.43	10303	0	20	11	4.6

Estación Yodocono

DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9104	1.5	27	6	20.80	9204	0	23	7	26.436
9105	0	27	6	23.09	9205	0	21	11	15.268
9106	0	26	9	22.95	9206	0	23	11	16.756
9107	0	27	8	27.44	9207	0	20	10	17.412
9108	0	25	9	22.13	9208	30	21	10	10.269
9109	23	28	9	22.51	9209	0	23	10	20.857
9110	0	27	11	18.51	9210	0	25	7	25.284
9111	0	26	10	25.31	9211	0	26	10	27.481
9112	0	26	8	20.77	9212	0	22	10	24.88
9113	0	23	5	12.95	9213	0	21	10	23.484
9114	0	25	8	18.88	9214	0	21	8	5.69
9115	0	27	8	26.49	9215	0	21	9	21.47
9116	0	27	8	28.63	9216	0	20	9	23.249
9117	0	27	9	28.61	9217	0	23	9	21.944
9118	0	26	8	29.39	9218	0	23	8	25.553
9119	0	25	8	27.51	9219	0	24	8	25.943
9120	0	25	9	23.47	9220	3	23	10	22.989
9121	0	26	10	22.55	9221	0	22	11	17.419
9122	0	25	9	20.46	9222	0	22	8	12.188
9123	0	26	10	24.72	9223	0	22	7	16.77
9124	0	28	10	19.15	9224	0	23	6	27.535
9125	0	27	10	28.79	9225	0	29	8	26.026
9126	0	28	9	27.30	9226	0	25	9	24
9127	0	29	9	29.04	9227	0	26	9	20.869
9128	0	28	9	21.56	9228	0	25	9	23.549
9129	0	27	8	16.24	9229	0	25	12	22.366
9130	0	27	13	22.91	9230	2	23	10	7.579
9131	0	25	10	27.97	9231	10.5	21	11	13.321



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9132	0	24	9	24.03	9232	26.5	22	11	9.879
9133	1.5	24	12	15.97	9233	0	23	11	23.435
9134	0	24	11	13.13	9234	0	19	12	16.774
9135	20	22	11	7.92	9235	0	20	9	24.633
9136	72	22	12	9.12	9236	0	22	10	22.682
9137	0	19	11	18.51	9237	0	22	9	21.552
9138	1	17	11	7.36	9238	0	22	11	23.858
9139	0	16	11	22.77	9239	0	21	10	21.053
9140	11	20	9	18.35	9240	16.5	21	8	14.165
9141	0	23	11	9.59	9241	32	21	12	8.401
9142	0	21	9	14.88	9242	26	24	12	11.054
9143	3	22	9	26.35	9243	1	21	12	20.792
9144	0	24	9	14.91	9244	0	20	10	14.373
9145	4	25	10	22.10	9245	0	23	10	19.006
9146	0	26	11	24.59	9246	0	23	10	20.991
9147	1	27	10	20.85	9247	23	22	9	19.797
9148	2.5	28	11	25.18	9248	20	24	11	20.234
9149	0	27	10	29.03	9249	9	24	12	17.614
9150	0	24	10	23.92	9250	12	22	12	13.141
9151	0	24	11	27.11	9251	23	21	11	3.974
9152	3	24	10	19.32	9252	0	23	12	19.119
9153	2	24	9	21.98	9253	14	19	13	11.846
9154	0	23	9	22.63	9254	28	19	12	14.539
9155	0	23	12	26.55	9255	1	20	11	15.382
9156	0	23	10	29.62	9256	2.5	22	12	11.055
9157	0	26	7	28.79	9257	15.5	22	10	17.477
9158	0	27	8	20.94	9258	16.5	21	11	5.649
9159	0	27	10	13.75	9259	5	22	11	10.626
9160	0	26	10	19.12	9260	0	23	12	21.687
9161	0	25	11	16.16	9261	0	22	12	11.029
9162	0	26	12	25.51	9262	0.5	22	11	10.634
9163	0	27	11	26.00	9263	0	19	11	11.776
9164	0	26	12	29.76	9264	0	21	10	22.024
9165	0	25	10	29.89	9265	0.5	21	11	21.012
9166	0	23	9	22.61	9266	18	19	12	2.62
9167	1	23	9	18.19	9267	1	18	11	11.902



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9168	0	23	11	14.11	9268	0	19	11	16.164
9169	0	22	10	18.22	9269	13.5	20	10	6.608
9170	15	21	12	15.96	9270	12	20	11	12.344
9171	3	19	12	10.37	9271	0	21	10	23.227
9172	17	18	12	6.18	9272	0	22	9	12.177
9173	0.5	18	11	2.43	9273	0	21	9	17.68
9174	0	22	9	22.80	9274	0	25	8	23.685
9175	0	25	10	5.93	9275	0	25	9	25.869
9176	14	26	10	5.85	9276	0	25	9	25.722
9177	5	26	11	8.10	9277	0	26	10	22.488
9178	0	23	10	7.94	9278	0	26	10	25.37
9179	1	22	11	11.58	9279	0	25	9	24.952
9180	21.5	23	10	5.36	9280	0	21	12	10.231
9181	0	22	12	11.84	9281	0	23	11	10.473
9182	10	21	12	7.72	9282	16.5	24	11	17.684
9183	2	22	12	18.11	9283	0	23	12	17.304
9184	0	19	11	11.59	9284	0	22	11	8.233
9185	0	23	11	5.74	9285	10.5	21	12	11.809
9186	0	24	8	23.86	9286	0	23	11	21.197
9187	0	24	8	24.87	9287	0	21	9	24.005
9188	0	25	9	22.21	9288	0	21	9	23.479
9189	0	24	10	25.14	9289	2	22	10	23.3
9190	5	23	10	28.75	9290	0	18	10	18.963
9191	0	24	11	3.57	9291	0	18	8	2.111
9192	8.5	22	10	11.65	9292	0	18	8	6.752
9193	0.5	22	10	18.95	9293	0	23	6	22.034
9194	0	25	10	14.41	9294	22	22	8	13.162
9195	0	24	11	8.52	9295	0	23	9	23.437
9196	0	22	11	25.31	9296	0	25	10	20.163
9197	0	25	8	28.60	9297	6.5	23	10	21.909
9198	0	24	9	26.26	9298	6.5	21	10	20.514
9199	0	23	10	18.74	9299	8	20	11	13.097
9200	0	23	9	24.43	9300	7	20	11	19.462
9201	0	23	9	29.08	9301	0	20	12	14.116
9202	4.5	24	8	28.70	9302	0	21	10	13.48
9203	0	23	9	29.30	9303	4	20	11	16.386



Estación Zaachila

DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9104	0	34	10.5	25.42	9204	0	27	13.5	26.61
9105	0	32	13	26.52	9205	0	27.5	9	8.91
9106	0	33	13	23.83	9206	0	28	15	22.54
9107	0	33.5	12.5	26.55	9207	0	29.5	16	14.68
9108	0	34	8	24.28	9208	21.8	28	14.5	13.41
9109	0	33	9	25.89	9209	0	29.5	14	23.97
9110	0	34.5	14	9.06	9210	0	31	14.5	27.41
9111	0	28	13.5	27.46	9211	0	31.5	14	27.68
9112	0	30	10.5	26.38	9212	0	32	14.5	24.35
9113	0	33	11.5	17.64	9213	0	30	15	25.13
9114	0	33	12.5	28.33	9214	0	28	13	2.59
9115	0	33.5	11.5	28.96	9215	0	30	15.5	14.06
9116	0	34	12	29.42	9216	0	31	15	14.16
9117	0	34	13	29.25	9217	0	28.5	14	19.99
9118	0	33.5	13.5	28.96	9218	0	24	13.5	22.25
9119	0	32.5	14	24.00	9219	0	27.5	12.5	27.40
9120	0	33	14.5	27.62	9220	0	26	15	14.76
9121	11.5	33.5	11.5	23.57	9221	0	25.5	14	20.83
9122	0	31	12.5	20.07	9222	0	27	14.5	20.66
9123	0	33	12	15.26	9223	0	28.5	14	18.02
9124	15.2	34.5	13.5	20.41	9224	0	29.5	13.5	24.82
9125	0	34.5	12	29.13	9225	0	29	12.5	20.82
9126	0	34	9	27.54	9226	0	31	13.5	20.45
9127	0	34.5	15	28.66	9227	0	29	12.5	23.43
9128	0	33	15	19.04	9228	1	30.5	10	24.58
9129	0	34.5	14	20.73	9229	3.4	29	13.5	16.55
9130	0	33.5	14.5	26.81	9230	0	27	14	3.14
9131	0	32.5	16	28.40	9231	4	25	16	12.25
9132	0	30	17.5	25.16	9232	6	27.5	14	15.36
9133	0	32.5	17.5	23.28	9233	3.8	27	14.5	20.73



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9134	55	29.5	16.5	20.02	9234	0	28	14	20.69
9135	6.5	37.5	16.5	10.31	9235	0	24	15	18.21
9136	40	38	15	10.15	9236	0	28.5	13	12.68
9137	0	27.5	15	10.63	9237	0	29.5	13.5	18.37
9138	0	26.5	14.5	4.39	9238	0	29	13	13.69
9139	0	27	14	6.94	9239	0	29	13.5	14.33
9140	1.5	28.5	14	22.01	9240	0.2	27	17	11.16
9141	23.5	29	14	9.80	9241	4.1	28.5	14	7.13
9142	5.3	27.5	14.5	9.61	9242	13	27	16.5	14.78
9143	0	26	15	25.14	9243	2.8	29	14.5	22.23
9144	0	29.5	15.5	22.44	9244	2.8	27	14	20.62
9145	1	31	14	24.72	9245	0	27.5	16	10.46
9146	0	31	14	23.95	9246	0	29	13	19.71
9147	0	32	18.5	24.27	9247	0.5	30	13.5	24.72
9148	0	32.5	19	28.24	9248	13.6	30	15.5	23.59
9149	0	30	19.5	28.76	9249	0.8	29	16	20.72
9150	0	30.5	19	26.48	9250	35	28.5	15.5	5.76
9151	0	31	19.5	22.47	9251	38	28	16	4.01
9152	0	27.5	14	21.49	9252	36	29	15.5	18.84
9153	17.2	29	13.5	21.34	9253	16	25.5	17	19.53
9154	25.5	28.5	14.5	27.98	9254	0	26	17	18.36
9155	1	28	10	25.30	9255	0	27.5	17.5	15.95
9156	0	29	9	29.42	9256	0	28.5	17	11.69
9157	0	29.5	11.5	29.73	9257	0	27	15	19.12
9158	0	30	13.5	26.78	9258	10	30	14	7.53
9159	0	30	14	19.05	9259	0.5	29	15	10.64
9160	0	29	14.5	22.30	9260	0	29.5	15.5	20.21
9161	0	31	16	27.75	9261	0	29	13.5	6.73
9162	8.7	30.5	17.5	26.92	9262	3	25	14	10.69
9163	8	31.5	16.5	27.69	9263	0	26	13.5	11.25
9164	0	31	16	28.94	9264	0	28	14	17.19
9165	8	31	14	29.15	9265	0	27.5	13.5	19.94
9166	5	30.5	15.5	27.08	9266	10.5	27	13	1.93
9167	0	29	13.5	24.35	9267	0	26	13	7.02
9168	0	25.5	14	19.82	9268	8.5	27	16.5	15.85
9169	15.8	30	13.5	19.39	9269	1.5	26	16	8.69



DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD	DATE	RAIN	TMAX	TMIN	SRAD
9170	0	28	14	9.19	9270	4.3	27.5	15.5	14.77
9171	9.8	29.5	16	11.60	9271	0	28	16	19.02
9172	0	29	15.5	5.13	9272	0	27	13	15.59
9173	11.8	25.5	16.5	6.15	9273	0	26.5	13.5	10.35
9174	1.8	24	10	19.93	9274	0	27	12.5	22.44
9175	9.5	24	14	13.36	9275	2.5	29	12	25.13
9176	33.2	27.5	14	6.72	9276	0	30	15	25.60
9177	2.5	28.5	14	4.65	9277	0	28.5	13	24.34
9178	2.5	27	16	8.43	9278	0	29	13.5	25.19
9179	24	26	15.5	11.74	9279	5.5	29.5	14.5	21.14
9180	20	26.5	16	7.05	9280	1	31	14	6.75
9181	36	29.5	16.5	6.33	9281	0	28.5	13	13.83
9182	6.8	29	16	9.98	9282	3.3	29	14	16.92
9183	0.8	23	16	10.15	9283	4.5	27	13.5	19.49
9184	0	24	15	11.68	9284	0	30	14	4.18
9185	0	23	15.5	6.90	9285	0.2	29	13	12.42
9186	0	29	14	25.55	9286	0	30	12.5	20.58
9187	0	29	13	26.33	9287	0	29.5	13	22.22
9188	1	29.5	12	23.85	9288	0	30	13.5	20.78
9189	0	28	14	24.67	9289	5.2	30	11.5	14.08
9190	0	28.5	15	27.34	9290	0	29	12	14.06
9191	0	24.5	9	1.89	9291	0	30	12	1.62
9192	12.5	25	15.5	12.16	9292	0	26	11	4.97
9193	0	25.5	14	6.08	9293	0	28.5	12	22.21
9194	0	22	14.5	9.67	9294	0	29	12.5	15.21
9195	2	28	15.5	12.86	9295	8.5	31.5	13	22.96
9196	0	28.5	10.5	25.50	9296	15	30	12.5	21.84
9197	0	29	12	27.31	9297	0	28	13	17.35
9198	0	29	13.5	25.80	9298	5	27.5	11.5	19.39
9199	0	30	12.5	20.08	9299	0	28	13	18.37
9200	0	28	13	21.64	9300	0	27.5	12.5	20.89
9201	0	30	12.5	25.71	9301	0	26.5	11	18.31
9202	0	29	13	29.19	9302	0	27	10.5	17.45
9203	0	29.5	12.5	29.18	9303	0	25	12	15.63



Anexo 3. Valores de suelos utilizados en el modelo.

Nombre	NUXAA	Lat	17.14	Long	-97.05	SCOM	Amarillo	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
A1	17	1.33	1.2	36	28	0	7.7	30.3
B1	47	1.39	0.7	38	26	0	8	28.6
B2	77	1.34	0.5	34	38	0	8.2	28.2
B3	107	1.3	0.7	54	24	0	8.3	32.4
B4	132	1.34	0.5	42	32	0	8.3	30.6
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
A1	0.17	0.377	0.464	1	0.23			
B1	0.122	0.358	0.446	0.477	0.23			
B2	0.112	0.35	0.466	0.32	0.23			
B3	0.113	0.444	0.479	0.206	0.06			
B4	0.121	0.383	0.466	0.112	0.06			
Nombre	Tezoatlán	Lat	17.55	Long	-97.84	Color	Amarillo	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
A1	1.35	1.5	24	24	0	-99	5.9	34.8
B1	1.47	0.5	32	24	0	-99	5.7	26.1
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
A1	0.187	0.317	0.455	1	0.43			
B1	0.2	0.311	0.419	0.543	0.23			
Nombre	Pereas	Lat	17.106	Long	-96.985	Color	Café	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
A1	24	0.78	1.3	24	18	2	4.7	18.5
B1	43	0.75	0.2	18	38	2	5.9	15.3
B2	73	0.75	0.2	5	38	2	6.1	18.6
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
A1	0.418	0.627	0.744	1	0.43			
B1	0.378	0.64	0.739	0.512	1.32			
B2	0.428	0.64	0.795	0.313	1.32			
Nombre	Tlapacoyan	Lat	16.74	Long	-96.86	Color	Amarillo	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
A1	16	1.48	0.5	14	24	0	5.4	10.2
B1	40	1.53	0.4	22	18	0	6.2	18
B2	74	1.59	0.2	26	12	0	6.3	21
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
A1	0.11	0.21	0.415	1	2.59			



B1	0.147	0.237	0.398	0.571	0.43			
B2	0.161	0.238	0.378	0.32	0.43			
Nombre	SORDO 1	Lat	17.029	Long	-97.288	Color	Negro	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	15	1.06	2.6	29	51	-99	7.5	14
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.242	0.456	0.555	1	0.23			
Nombre	SORDO 2	Lat	17.434	Long	-97.222	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	20	1.58	0.51	35.2	48.8	-99	7.7	24.5
	30	1.55	0.37	29.4	63.9	-99	7.8	24.5
	50	2.18	0.37	24.1	56.4	-99	7.8	21.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.216	0.379	0.488	1	0.15			
	0.183	0.369	0.445	0.607	0.15			
	0.157	0.324	0.507	0.449	0.68			
Nombre	SORDO 3	Lat	17.043	Long	-97.095	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	20	1.82	0.37	7.8	32.6	-99	5.4	8.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.075	0.186	0.294	1	2.59			
Nombre	SORDO 4	Lat	17.019	Long	-97.547	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.55	3.62	32	22.2	-99	6.5	19.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.075	0.186	0.294	1	2.59			
Nombre	SORDO 6	Lat	17.11	Long	-97.344	Color	Café	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.6	1.85	47.7	22.8	-99	7.6	23.5
	60	1.75	0.67	54.4	29.7	-99	7.7	35
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.075	0.186	0.294	1	2.59			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
Nombre	SORDO 9	Lat	17.13	Long	-97.52	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.34	0.51	14.1	69.2	-99	7.8	16



	60	1.27	0.29	14.8	72.4	-99	8.1	18.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.058	0.244	0.493	0.407	0.68			
Nombre	SORDO 10	Lat	16.893	Long	-97.657	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	20	1.4	1.4	35.9	46.8	-99	6.7	6.5
	40	1.79	0.51	40.3	42.6	-99	4.8	10.5
	60	1.6	0.22	48.9	36.1	-99	5.1	9.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.058	0.244	0.493	0.407	0.68			
	0.276	0.415	0.374	0.368	0.06			
Nombre	SORDO 13	Lat	17.217	Long	-97.434	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.6	1.03	16.8	28.3	-99	5.5	7.5
	60	1.6	0.51	52.2	27.2	-99	6	15.5
	90	1.63	0.29	42.7	32.7	-99	6.1	13.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.058	0.244	0.493	0.407	0.68			
	0.276	0.415	0.374	0.368	0.06			
Nombre	SORDO 14	Lat	17.071	Long	-97.557	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	15	1.54	3.88	40.7	31.5	-99	7.7	29
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
Nombre	SORDO 15	Lat	17.478	Long	-97.277	Color	Gris	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.45	0.31	24	34	-99	7.66	17.3
	60	1.47	0.15	25	34	-99	7.84	17.7
	90	1.46	0.15	14	36	-99	7.84	15.1
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.154	0.276	0.43	1	1.32			
	0.155	0.273	0.42	1	1.32			
	0.1	0.216	0.43	1	1.32			
Nombre	SORDO 16	Lat	17.464	Long	-97.313	Color	Amarillo	



Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.54	1.07	38	43	50	7.6	28.3
	60	1.47	0.61	39	43	50	7.6	24.9
	90	1.46	0.3	45	46	-99	7.7	27.5
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.155	0.273	0.422	0.407	1.32			
	0.1	0.216	0.425	0.223	1.32			
Nombre	SORDO 19	Lat	17.558	Long	-97.313	Color	Amarillo	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.54	0.76	32	50	-99	7.7	22.7
	60	1.47	0.46	28	53	-99	7.8	24.3
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.155	0.273	0.422	0.407	1.32			
Nombre	SORDO 20	Lat	17.535	Long	-97.272	Color	Amarillo	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.54	0.3	22	42	-99	7.7	21.7
	60	1.47	0.15	22	34	-99	7.8	20.3
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.155	0.273	0.422	0.407	1.32			
	0.155	0.273	0.422	0.407	1.32			
Nombre	SORDO 21	Lat	17.358	Long	-97.577	Color	Negro	
Horizonte	SLB	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SCEC
	30	1.54	1.22	37	47	-99	-99	7.6
	60	1.47	0.45	41	48	-99	-99	7.8
	90	1.31	0.61	37	52	-99	-99	7.8
VALORES CALCULADOS								
Horizonte	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS			
	0.19	0.37	0.465	0.407	0.15			
	0.155	0.273	0.422	0.407	1.32			
	0.228	0.4	0.476	0.223	0.15			





Anexo 4. Valores de manejo utilizados en DSSAT.

ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT					
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K
P9200 0001	06/18 /2009	6. 67	RIEG O	06/06 /2009	92	0	0	06/08 /2009	18	46	0	07/06 /2009	92	0	0
P9200 0002	06/15 /2009	7. 00	RIEG O	06/15 /2009	46	0	0	07/03 /2009	41	46	0	08/06 /2009	69	0	0
P9200 0003	06/22 /2009	7. 00	RIEG O	06/23 /2009	46	0	0	07/17 /2009	22	55	90	07/26 /2017	69	0	0
P9200 0004	06/19 /2009	7. 00	RIEG O	07/17 /2009	36	92	0	07/27 /2009	46	0	60	08/22 /2017	46	0	0
P9200 0005	06/24 /2009	7. 00	RIEG O	07/27 /2009	10	5	92	60	08/22 /2009	69	0	0			
P9200 0006	06/21 /2009	6. 67	RIEG O	07/27 /2009	10	5	92	60	08/22 /2009	46	0	0			
P9200 0007	06/22 /2009	6. 67	RIEG O	07/27 /2009	10	5	92	60	08/22 /2009	60	0	0			
P9200 0008	06/18 /2009	6. 67	RIEG O	07/27 /2009	41	46	60	08/22 /2009	46	0	0				
P9200 0009	06/23 /2009	6. 67	RIEG O	07/27 /2009	11	1	92	60	08/22 /2009	46	0	0			
P9200 0010	06/20 /2009	7. 00	RIEG O	07/27 /2009	82	92	60	08/22 /2009	23	0	0				
P9200 0021	06/06 /2009	6. 2	TEM PORA L	07/16 /2009	23	11	11								
P9200 0022	06/07 /2009	6. 25	TEM PORA L	07/09 /2009	31	23	0								
P9200 0023	06/05 /2009	7. 1	TEM PORA L	07/07 /2009	20	10	10								
P9200 0024	05/21 /2009	6. 7	TEM PORA L	07/11 /2009	41	46	0								
P9200 0025	06/13 /2009	7. 15	TEM PORA L	07/18 /2009	41	46	0								



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT								
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K			
P9200 0026	06/08 /2009	6	TEM PORA L															
P9200 0027	06/06 /2009	7. 35	TEM PORA L	07/08 /2009	20	10	10											
P9200 0028	06/10 /2009	7. 14	TEM PORA L	07/15 /2009	20	10	10											
P9200 0029	05/27 /2009	6	TEM PORA L															
P9200 0030	05/28 /2009	7. 2	TEM PORA L															
P9200 0051	06/15 /2009	4. 5	TEM PORA L	07/15 /2009	66	10	10											
P9200 0052	05/15 /2009	4. 5	TEM PORA L	07/15 /2009	20	10	10											
P9200 0053	05/16 /2009	5. 5	TEM PORA L	07/15 /2009	66	10	10											
P9200 0054	06/30 /2009	5. 3	TEM PORA L	07/15 /2009	66	10	10											
P9200 0151	06/05 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/11 /2009	93	39	0	08/30 /2009	10	0	0							
P9200 0152	06/16 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/20 /2009	93	39	0											
P9200 0153	06/10 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/17 /2009	93	39	0											
P9200 0154	06/08 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/06 /2009	93	39	0	08/30 /2009	10	0	99							



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT		
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E
TEM												
P9200 0155	06/12 /2009	7. 5	PORA L	07/18 /2009	93	39	0					
TEM												
P9200 0156	06/09 /2009	7. 5	PORA L	07/14 /2009	93	39	0	08/30 /2009	10	0	0	
TEM												
P9200 0157	06/09 /2009	7. 5	PORA L	07/23 /2009	93	39	0					
TEM												
P9200 0158	06/20 /2009	7. 5	PORA L	07/25 /2009	93	39	0					
TEM												
P9200 0159	06/17 /2009	7. 5	PORA L	07/23 /2009	93	39	0					
TEM												
P9200 0160	05/25 /2009	7. 5	PORA L	07/30 /2009	93	39	0					
TEM												
P9200 0531	06/04 /2009	5. 6	PORA L	07/08 /2009	22	58	0	08/05 /2009	92	0	0	
TEM												
P9200 0532	06/05 /2009	5. 6	PORA L	07/15 /2009	22	58	0	08/01 /2009	92	0	0	
TEM												
P9200 0533	06/04 /2009	5. 6	PORA L	07/15 /2009	22	58	0	08/02 /2009	92	0	0	
TEM												
P9200 0534	06/06 /2009	5. 6	PORA L	07/10 /2009	18	46	0	08/05 /2009	92	0	0	
TEM												
P9200 0535	06/05 /2009	5. 6	PORA L	07/10 /2009	22	58	0	08/05 /2009	92	0	0	
TEM												
P9200 0536	06/08 /2009	5. 6	PORA L	07/08 /2009	22	58	0	08/05 /2009	92	0	0	
TEM												
P9200 0537	06/06 /2009	5. 6	PORA L	07/09 /2009	22	58	0	08/05 /2009	92	0	0	



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT				
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P
P9200 0538	06/04 /2009	5. 6	TEM PORA L	07/07 /2009	22	58	0	08/01 /2009	92	0	0			
P9200 0539	06/06 /2009	5. 6	TEM PORA L	07/09 /2009	22	58	0	08/03 /2009	92	0	0			
P9200 0540	06/05 /2009	5. 6	TEM PORA L	07/08 /2009	22	58	0	08/05 /2009	92	0	0			
P9200 0761	06/05 /2009	6. 5	TEM PORA L	07/12 /2009	30	46	0							
P9200 0762	06/16 /2009	7	TEM PORA L	07/21 /2009	20	0	0							
P9200 0763	06/14 /2009	7	TEM PORA L	07/16 /2009	21	15	0							
P9200 0764	06/05 /2009	8. 33	TEM PORA L	07/10 /2009	55	23	0							
P9200 0765	06/12 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/15 /2009	9	23	0							
P9200 0766	06/06 /2009	6. 75	TEM PORA L	07/08 /2009	64	46	0							
P9200 0767	07/06 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/09 /2009	39	28	0							
P9200 0768	06/05 /2009	8	TEM PORA L	07/12 /2009	32	23	0							
P9200 0769	06/12 /2009	7. 2	TEM PORA L	07/20 /2009	32	23	0							
P9200 0770	06/12 /2009	7. 2	TEM PORA L	07/20 /2009	19	23	0							



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT								
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K			
P9200 0961	06/05 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/11 /2009	93	39	0											
P9200 0962	06/10 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/20 /2009	93	39	0											
P9200 0963	06/08 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/17 /2009	93	39	0											
P9200 0964	06/12 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/06 /2009	93	39	0											
P9200 0965	06/09 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/18 /2009	93	39	0											
P9200 0966	06/18 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/14 /2009	93	39	0											
P9200 0967	05/27 /2009	7. 5	TEM PORA L	06/26 /2009	77	92	0											
P9200 0968	05/26 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/25 /2009	93	39	0											
P9200 0969	05/18 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/23 /2009	93	39	0											
P9200 0970	05/17 /2009	7. 5	TEM PORA L	07/30 /2009	93	39	0											
P9200 0981	06/01 /2009	6. 5	RIEG O	06/01 /2009	77	92	0	07/29 /2009	46	0	0							
P9200 0982	06/10 /2009	7	RIEG O	06/10 /2009	98	92	0	07/14 /2009	11	5	0	0						
P9200 0983	06/09 /2009	7. 5	RIEG O	06/09 /2009	98	92	0	07/14 /2009	11	5	0	0						
P9200 0984	06/12 /2009	7	RIEG O	06/12 /2009	82	92	0	07/14 /2009	11	5	0	0						



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT										
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K					
P9200 0985	06/09 /2009	6. 5	RIEG O	06/09 /2009				07/30												
P9200 0986	06/11 /2009	7	RIEG O	06/11 /2009	49	46	0	07/08				46	0	0						
P9200 0987	06/11 /2009	6. 5	RIEG O	06/11 /2009	68	69	0	07/05				92	0	0						
P9200 0988	06/08 /2009	6. 5	RIEG O	06/08 /2009	77	92	0	07/05				92	0	0						
P9200 0989	06/08 /2009	6. 5	RIEG O	06/08 /2009	38	46	0	07/08				46	0	0						
P9200 0990	06/08 /2009	7	RIEG O	06/08 /2009	98	92	0	07/11				92	0	0						
P9200 1121	05/27 /2009	4. 8	TEM PORA L	06/26 /2009	56	92	0	07/29				41	0	0						
P9200 1122	05/26 /2009	4. 2	TEM PORA L	06/25 /2009	56	92	0	07/23				41	0	0						
P9200 1123	05/18 /2009	4. 8	TEM PORA L	05/18 /2009	78	46	0	07/20				18	46	0						
P9200 1124	06/17 /2009	4. 8	TEM PORA L	06/17 /2009	67	69	0													
P9200 1125	05/22 /2009	4. 8	TEM PORA L	06/20 /2009	82	92	0	08/15				46	0	0						
P9200 1126	06/02 /2009	6	TEM PORA L	06/02 /2009	11 6			08/05				20	40	0						
P9200 1127	06/10 /2009	4. 8	TEM PORA L	06/10 /2009	89	69	0	07/29				20	0	0						
P9200 1128	06/12 /2009	4. 8	TEM PORA L	07/14 /2009	20	0	0													
P9200 1129	06/12 /2009	6	TEM PORA L	06/12 /2009	21	0	0													



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT								
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K			
P9200 1130	05/25 /2009	7. 2	TEM PORA L	05/26 /2009	80	0	0											
P1020 00251	06/08 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/10 /2010	44	46	0	08/08 /2010	35	0	0							
P1020 00252	06/10 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/12 /2010	44	46	0	08/12 /2010	35	0	0							
P1020 00253	06/05 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/08 /2010	72	0	0	08/15 /2010	20	0	0							
P1020 00254	06/02 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/05 /2010	44	46	0	08/06 /2010	35	0	0							
P1020 00255	06/08 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/10 /2010	44	46	0	08/08 /2010	35	0	0							
P1020 00256	06/06 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/15 /2010	44	46	0	08/10 /2010	35	0	0							
P1020 00257	06/05 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/15 /2010	44	46	0	08/15 /2010	35	0	0							
P1020 00258	06/08 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/12 /2010	44	46	0	08/14 /2010	35	0	0							
P1020 00259	06/01 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/05 /2010	44	46	0	08/21 /2010	35	0	0							
P1020 00260	06/12 /2010	5. 58 6	TEM PORA L	07/15 /2010	44	46	0	08/20 /2010	35	0	0							
P1020 00291	06/15 /2010	6. 25	RIEG O	07/08 /2010	10 0	75	0											
P1020 00292	06/17 /2010	6. 25	RIEG O	07/08 /2010	10 0	75	0											
P1020 00293	06/19 /2010	6. 25	RIEG O	07/08 /2010	10 0	75	0											



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT							
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K		
P1020 00294	06/13 /2010	6. 25	RIEG O	07/04 /2010	10 0			75 0									
P1020 00295	06/17 /2010	6. 25	RIEG O	07/10 /2010	10 0			75 0									
P1020 00296	06/12 /2010	6. 25	RIEG O	07/08 /2010	10 0			75 0									
P1020 00297	06/14 /2010	6. 25	RIEG O	07/10 /2010	10 0			75 0									
P1020 00298	06/20 /2010	6. 25	RIEG O	07/08 /2010	10 0			75 0									
P1020 00299	06/17 /2010	6. 25	RIEG O	07/10 /2010	10 0			75 0									
P1020 00300	06/22 /2010	6. 25	RIEG O	07/07 /2010	10 0			75 0			0						
				TEM													
P1020 00321	06/24 /2010	6. 25	PORA L	06/24 /2010					08/05 /2010	40	0	0					
				TEM													
P1020 00322	06/14 /2010	6. 25	PORA L	06/14 /2010	60	75	0		08/02 /2010	40	0	0					
				TEM													
P1020 00323	07/03 /2010	6. 25	PORA L	07/03 /2010	60	75	0		08/17 /2010	40	0	0					
				TEM													
P1020 00324	07/01 /2010	6. 25	PORA L	07/01 /2010	60	75	0		08/16 /2010	26	0	0					
				TEM													
P1020 00325	06/21 /2010	6. 25	PORA L	06/21 /2010	60	75	0		08/05 /2010	40	0	0					
				TEM													
P1020 00326	07/05 /2010	6. 25	PORA L	07/05 /2010	60	75	0										
				TEM													
P1020 00327	06/17 /2010	6. 25	PORA L	06/17 /2010	60	75	0		08/02 /2010	40	0	0					
				TEM													
P1020 00328	06/29 /2010	6. 25	PORA L	06/29 /2010	60	75	0		08/13 /2010	40	0	0					



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT								
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K			
			TEM															
P1020 00329	06/26 /2010	6. 25	PORA L	06/26 /2010	60	75	0	08/11 /2010	40	0	0							
			TEM															
P1020 00330	06/19 /2010	6. 25	PORA L	06/19 /2010	60	75	0	08/05 /2010	20	0	0							
			TEM															
P1020 00361	05/24 /2010	6. 5	PORA L	05/24 /2010	77	92	0	07/12 /2010	58	0	0	08/15 /2010	10	0	0			
			TEM															
P1020 00362	05/22 /2010	6. 5	PORA L	05/22 /2010	92	92	0	07/09 /2010	92	0	0							
			TEM															
P1020 00363	05/20 /2010	6. 5	PORA L	05/20 /2010	64	46	0	06/25 /2010	92	0	0							
			TEM															
P1020 00364	05/21 /2010	6. 5	PORA L	05/21 /2010	82	92	0	06/28 /2010	46	0	0							
			TEM															
P1020 00365	06/24 /2010	6	PORA L	06/24 /2010	67	92	0	08/11 /2010	46	0	0	08/28 /2010	20	0	0			
			TEM															
P1020 00366	06/24 /2010	6. 5	PORA L	06/24 /2010	77	92	0	08/12 /2010	46	0	0							
			TEM															
P1020 00367	06/26 /2010	6. 5	PORA L	06/26 /2010	98	92	0	08/14 /2010	46	0	0							
			TEM															
P1020 00368	06/26 /2010	6. 5	PORA L	06/26 /2010	77	92	0	08/10 /2010	46	0	0							
			TEM															
P1020 00369	06/26 /2010	6. 5	PORA L	06/26 /2010	77	92	0	08/12 /2010	46	0	0							
			TEM															
P1020 00370	06/24 /2010	6. 5	PORA L	06/24 /2010	10 5	92	0	08/08 /2010	46	0	0	08/25 /2010	10	0	0			
			TEM															
P1020 00411	05/24 /2010	6. 5	PORA L	05/24 /2010	67	92	0	07/12 /2010	46	0	0							



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT					
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K
P1020 00412	05/22 /2010	6. 5	TEM PORA L	05/22 /2010	48	69	0	07/09 /2010	46	0	0				
P1020 00413	05/20 /2010	6. 5	TEM PORA L	05/21 /2010	85	69	0	07/10 /2010	46	0	0				
P1020 00414	05/21 /2010	6. 5	TEM PORA L	05/21 /2010	73	69	0	07/12 /2010	46	0	0				
P1020 00415	05/23 /2010	6	TEM PORA L	05/23 /2010	67	92	0	07/10 /2010	31	0	0				
P1020 00416	05/22 /2010	6. 5	TEM PORA L	05/22 /2010	48	46	0	07/11 /2010	46	0	0				
P1020 00417	06/26 /2010	6. 5	TEM PORA L	06/26 /2010	47	69	0	08/14 /2010	46	0	0				
P1020 00418	06/26 /2010	6. 5	TEM PORA L	06/26 /2010	49	46	0	08/10 /2010	46	0	0				
P1020 00419	06/26 /2010	6. 5	TEM PORA L	06/26 /2010	49	46	0	08/12 /2010	46	0	0				
P1020 00420	06/24 /2010	6. 5	TEM PORA L	06/24 /2010	47	69	0	08/08 /2010	46	0	0	08/25 /2010	10	0	0
P1020 00421	06/05 /2010	6. 25	RIEG O	06/05 /2010	92	79	0								
P1020 00422	06/10 /2010	6. 25	RIEG O	06/10 /2010	92	79	0								
P1020 00423	06/08 /2010	6. 25	RIEG O	06/08 /2010	92	79	0								
P1020 00424	06/10 /2010	6. 25	RIEG O	06/10 /2010	96	23	0								
P1020 00425	06/12 /2010	6. 25	RIEG O	06/12 /2010	96	80	0								
P1020 00426	06/05 /2010	6. 25	RIEG O	06/05 /2010	96	80	0								



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT				LNFERT							
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K			
P1020 00427	06/08 /2010	6. 25	RIEG O	06/08 /2010		96	80	0										
P1020 00428	06/10 /2010	6. 25	RIEG O	06/10 /2010		96	80	0										
P1020 00429	06/04 /2010	6. 25	RIEG O	06/04 /2010		96	80	0										
P1020 00430	06/12 /2010	6. 25	RIEG O	06/12 /2010		96	80	0										
P1120 00271	06/17 /2011	4	RIEG O	06/30 /2011		87	46	0										
P1120 00272	06/22 /2011	4.	RIEG O	06/22 /2011		92	23	0										
P1120 00273	06/18 /2011	4.	RIEG O	06/18 /2011		54	46	0										
P1120 00274	07/18 /2011	3. 6	RIEG O	07/18 /2011		46	0	0	08/15 /2011	55	23	0						
P1120 00275	06/25 /2011	4	RIEG O	06/25 /2011		64	46	0										
P1120 00276	06/25 /2011	4	RIEG O	08/06 /2011		55	23	0										
P1120 00277	06/19 /2011	4.	RIEG O	06/19 /2011		55	23	0										
P1120 00278	06/06 /2011	4	RIEG O	06/06 /2011		46	0	0	08/29 /2011	64	46	0						
P1120 00279	06/28 /2011	4.	RIEG O	07/22 /2011		41	46	0										
P1120 00280	06/18 /2011	4	RIEG O	06/18 /2011		32	23	0										
P1120 00364	06/10 /2011	6. 25	RIEG O	06/10 /2011		49	46	0	07/12 /2011	46	0	0						
P1120 00367	06/10 /2011	6. 25	RIEG O	06/10 /2011		49	46	0	07/25 /2011	46	0	0						
P1120 00368	06/17 /2011	2. 78	TEM PORA L	07/03 /2011		23	0	0										
P1120 00369	06/19 /2011	4	RIEG O	07/06 /2011		23	0	0										



ID_FIE LD	PDAT E	P O P	LNIR	LNFERT			LNFERT			LNFERT				
				FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P	FA M K	FDAT E	FA M N	FA M P
P1120 00374	06/10 /2011	6. 25	RIEG O	06/10 /2011	49	46	0	07/12 /2011	46	0	0			
P1120 00377	06/10 /2011	6. 25	RIEG O	06/10 /2011	49	46	0	07/25 /2011	46	0	0			
P1120 00378	06/17 /2011	2. 78	TEM PORA L	07/03 /2011	23	0	0							
P1120 00379	06/19 /2011	4	RIEG O	07/06 /2011	23	0	0							
P1120 00384	06/10 /2011	6. 25	RIEG O	06/10 /2011	49	46	0	07/12 /2011	46	0	0			
P1120 00387	06/16 /2011	6. 25	RIEG O	06/10 /2011	49	46	0	07/25 /2011	46	0	0			
P1120 00388	06/17 /2011	2. 78	TEM PORA L	07/03 /2011	23	0	0							
P1120 00389	06/19 /2011	4	RIEG O	07/06 /2011	23	0	0							
P1120 00434	06/02 /2011	4. 3	RIEG O	06/22 /2011	46	0	0	08/15 /2011	23	0	0			
P1120 00438	06/15 /2011	4. 25	RIEG O	06/22 /2011	92	0	0	08/15 /2011	23	0	0			
P1120 01042	06/09 /2011	7. 5	TEM PORA L	06/09 /2011	96	92	0	07/19 /2011	92	0	0			
P1120 01043	06/10 /2011	7. 5	RIEG O	06/10 /2011	77	92	0	08/10 /2011	46	0	0			
P1120 01044	06/06 /2011	7. 5	RIEG O	06/06 /2011	98	92	0	08/06 /2011	62	0	0			
P1120 01045	06/09 /2011	7. 5	RIEG O	06/09 /2011	98	92	0	08/09 /2011	23	0	0			
P1120 01048	06/08 /2011	7. 5	RIEG O	06/08 /2011	98	92	0							
P1120 01049	05/14 /2011	7. 5	RIEG O	05/14 /2011	98	92	0							

