



# Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

## Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Ingeniería	Departamento:	Ciencias Del Suelo
Tema estratégico (ANA/PEP):	Biotecnología Agrícola				
Línea de investigación:	Construcción y Calibración de Modelos Biofísicos de Simulación para el Crecimiento, Desarrollo y Producción de Ornamentales, Frutillas y Resinosas				
Título del proyecto:	Construcción y Calibración de Modelos Biofísicos de Simulación para el Crecimiento, Rendimiento y Calidad en Frutillas				
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	75,000	El proyecto es:	Nuevo	<input checked="" type="checkbox"/>	Continuación
Tipo de investigación:	Básica	Aplicada	<input checked="" type="checkbox"/>	Tecnológica	
Vinculación:	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	Fondos concurrentes:	
Cooperante(s):					
Entidad (es):	Municipio (s):				
Localidades:					
A realizar durante el(los) año(s):	2017-2019				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	M.C Fidel Maximiano Peña Ramos	C. del Suelo	3717		
Colaborador:	Dr. José Antonio Gonzáles Fuentes	Horticultura	3587		
Colaborador:	Dr. Rubén López Cervantes	C. del Suelo	1195		
Colaborador:	Dr. Arturo Gallegos Del Tejo	C. del suelo	401		
Colaborador:	Dr. Edmundo Peña Cervantes	C. del Suelo	800		
Colaborador:	Dr. Emilio Rascón Alvarado	C. del Suelo	3684		
		Grado por obtener	Matrícula	Firma	
Tesista:	Galindo Sánchez Ricardo Hazael	Licenciatura	41140658		
Programa Docente:	Ingeniero Agrícola y Ambiental				
Tesista:					
Programa Docente:					
Tesista:					
Programa Docente:					
	Vo. Bo.	Autoriza			
Firma y sello					
Nombre	Dr. Arturo Gallegos Del Tejo Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación		

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para



133

### Protocolo para Proyecto de Investigación 2018

1.-Titulo del proyecto

Presupuesto solicitado:

Construcción y Calibración de Modelos Biofísicos de Simulación para el Crecimiento, Rendimiento y Calidad de Frutillas	75, 000
--	---------

2.- Introducción

El ~~alto~~ consumo de frutillas en México se ha incrementado en los últimos años. Debido a ello, se han estudiado numerosas estrategias para incrementar la producción tales como, estudio de la dinámica de los procesos fisiológicos y balance nutricional de las plantas. Al respecto son escasas las explicaciones de los procesos de partición de fotosintatos y dinámica de nutrientes que realiza la planta con otros factores tales como la temperatura, humedad relativa, radiación, precipitación etc. El contar con el conocimiento integrado de estos procesos dará la pauta para explicar de manera sistémica el ambiente-planta-nutrición. Los modelos biofísicos de simulación son la alternativa ya que estos consideran en sus sistemas relaciones causales complejas que explican mecanísticamente paso a paso los procesos que ocurren en el sistema planta.

En la última década, el uso de modelos biofísicos en la agricultura se ha incrementado como herramienta de simulación para el estudio de procesos dinámicos de cultivos. Algunos de los modelos más comunes utilizados para explicar procesos fisiológicos de manera sistémica mecanicista de plantas son; CropSyst (Cropping Systems Simulation Model), APSIM (Agricultural Production Systems Simulator), CERES (Crop Environment Resource Syntesis), SGS (Sustainable Grazing Systems), PLANTMOD. Se ha reportado que al implementar estos modelos se reducen los riegos económicos y de producción, el uso de estos ayuda a tomar decisiones más acertadas. Los Modelos biofísicos, SGS y PLANTMOD tienen en sus sistemas de predicción relaciones que describen y explican la dinámica de los procesos del sistema ambiente-planta-nutrición. Ello hace necesario tomarlos como ejemplos para construir un algoritmo que genere un Modelo biofísico que describa y explique los procesos del crecimiento, Rendimiento y Calidad en frutillas. El punto crítico de estos modelos es su construcción, calibración y validación. La primera requiere de una comprensión sistémica mecanicista para la formulación del modelo, la segunda requiere de una colección de datos ambientales, de manejo de los cultivos y de los rendimientos y la tercera depende del grado de concordancia entre los datos de rendimientos estimados por el modelo con respecto a los históricos, bajo diferentes condiciones climáticas y manejo.

Objetivos

- General
  - Construir algoritmos para un Modelo biofísico de simulación para describir y explicar el crecimiento, rendimiento y calidad en frutillas.
- Específicos
  - Obtener bases de datos climáticos (Temperatura, Humedad relativa, Radiación), Rendimiento, Tasa fotosintética, Transpiración, Evapotranspiración y Manejo en frutillas para calibrar y validar el modelo
  - Calibrar y Validar el Modelo biofísico con diferentes condiciones de clima y manejo
  - Disponer de una herramienta para establecer estrategias que ayuden a la toma de decisiones en el manejo de frutillas a corto y mediano plazo

## 3.-Revisión de Literatura

México ha experimentado un incremento sin precedentes en la exportación de frutillas (se incluye a la zarzamora, frambuesa, mora, mora-frambuesa y grosella). El volumen exportado ha crecido a un ritmo de 27% anual y corresponde casi totalmente a fruta fresca. En 2014 se exportaron 123 mil toneladas de frutillas, con un valor de 659 mdd, de las que el 90% fueron en fresco (Avitia *et al.*, 2014; SIAP, 2015; SIAP-SAGARPA, 2016). Por ello, se han estudiado numerosas estrategias para incrementar la producción tales como, estudio de la dinámica de los procesos fisiológicos y balance nutricional de las plantas (Hunt, 1978; Brown, 1987; Gil Martínez, 1994; De la Cruz, 2012). Al respecto son escasas las explicaciones de los procesos de partición de fotosintatos y dinámica de nutrientes que realiza la planta con otros factores tales como la temperatura, humedad relativa, radiación, precipitación, CO<sub>2</sub> etc. El contar con el conocimiento integrado de estos procesos dará la pauta para explicar de manera sistémica el ambiente-planta-nutrición (Wilson, 1981; Thornley and France, 2007). Los modelos biofísicos de simulación son la alternativa ya que estos consideran en sus sistemas relaciones complejas que explican mecánicamente paso a paso los procesos que ocurren en el sistema planta (Johnson, 2010; Johnson, 2016).

En la última década, el uso de modelos biofísicos en la agricultura se ha incrementado como herramienta de simulación para el estudio de procesos dinámicos de cultivos (Thornley and France, 2007). Algunos de los modelos más comunes utilizados para explicar procesos fisiológicos de manera sistémica mecanicista de plantas son; CropSyst (Cropping Systems Simulation Model), APSIM (Agricultural Production Systems Simulator), CERES (Crop Environment Resource Syntesis), SGS (Sustainable Grazing Systems), PLANTMOD (Stockle and Nelson, 1994; McCown *et al.*, 1996; Thornley and Johnson, 2007; Hoogenboom *et al.*, 2010; Johnson, 2013; Johnson, 2016). Se ha reportado que al implementar estos modelos se reducen los riegos económicos y de producción, el uso de estos ayuda a tomar decisiones más acertadas (Peña, 2011).

Los Modelos biofísicos, SGS y PLANTMOD tienen en sus sistemas de predicción relaciones causales complejas que describen y explican la dinámica de los procesos del sistema ambiente-planta-nutrición (Thornley and Johnson, 2007; Johnson, 2016). Ello hace necesario construir un algoritmo para generar un Modelo biofísico que describa y explique los procesos del crecimiento, Rendimiento y Calidad en frutillas. El punto crítico de estos modelos es su construcción, calibración y validación. La primera requiere de una comprensión sistémica mecanicista para la formulación del modelo, la segunda requiere de una colección de datos ambientales, de manejo de los cultivos y de los rendimientos y la tercera depende del grado de concordancia entre los datos de rendimientos estimados por el modelo con respecto a los históricos, bajo diferentes condiciones climáticas y manejo (Villalobos *et al.*, 2009; Villalobos y Retana, 2003). Por lo anterior y para explicar los procesos dinámicos mecanísticos asociados con el crecimiento, rendimiento y calidad de frutillas se propone el siguiente objetivo: Construir, Calibrar y Validar un Modelo Biofísico de Simulación con diferentes condiciones climáticas y manejo para frutillas.

## 4.- Procedimiento Experimental

Para este proyecto se tiene contemplado obtener bases de datos de clima y de frutillas en la región sur del estado de Coahuila, iniciando con la región sureste y enseguida la suroeste. Con lo anterior se realizará lo siguiente:

## 1. Construcción conceptual del Modelo biofísico

Se realizará el diagrama conceptual del modelo. Este se hará siguiendo el enfoque de dinámica

de sistemas acompañado con la metodología de modelización, la cual será congruente con los algoritmos generados de las ecuaciones matemáticas (modelos estocásticos-dinámicos-mecanísticos).

2. Obtención de bases de datos

- a) Se obtendrán datos climáticos históricos y actuales bajo condiciones de invernaderos para la región sur del estado de Coahuila.
- b) Se colectarán datos de manejo (riegos, fertilización y nutrición) y de rendimiento del cultivo (frutillas) de por lo menos 5 ciclos. *frutillas si son cinco ciclos en 3 años no es suficiente*
- c) Obtenidos los incisos a) y b) se obtendrán los parámetros que alimentarán las ecuaciones matemáticas según corresponda.
- d) Luego con el apoyo del punto 1 se solicitará al modelo verifique la estructura conceptual del sistema

3. Calibración y Validación del Modelo biofísico

Después de construir el modelo se registrarán las primeras corridas con un análisis de sensibilidad. Hecho lo anterior, se compararán los indicadores observados con los simulados correspondientes al rendimiento del cultivo (frutillas), los cuales serán evaluados con  $R^2$ , cuadrado medio del error y una chi-cuadrado. Lo anterior es el inicio a la validación.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Integración de variables en el sistema (Modelo Biofísico)		x	x	x								
Manejo de datos climáticos			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Colección de los datos de rendimiento y manejo del cultivo (frutillas)			x	x	x	x	x	x	x			
Calibración e inicio de la validación del sistema						x	x	x				
Uso del sistema bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo para la formulación de escenarios de cambio climáticos.									x	x	x	x

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Manejo de datos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Calibración y validación		x	x	x	x							
Escritos de tesis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Artículo					x	x	x	x				

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2017	Año estimado de conclusión	2019
---------------	------	----------------------------	------

5.-Productos Esperados

- Dos artículos científicos en Revista dinámica de sistemas referente al comportamiento del sistema con diferentes situaciones ambientales y de manejo del cultivo de frutillas en la región sur del estado de Coahuila.
- Exposición en congreso sobre el uso del modelo para la producción de frutillas
- Realización de tres tesis de licenciatura con base en el trabajo planteado

Brown, P.H., R.M. Welch y E. E. Cary. 1987. **Nickel: A micronutrient essential for higher plants.** Plant Physiology. 85: 801-803.

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, London. 67 p.

Wilson, J.W. 1981. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. Annals of Botany 48: 507-512.

Gil Martínez, F. 1994. Elemento de Fisiología Vegetal. Mundi Prensa, Madrid. 1147 p.

Johnson, I., Thornley J., Frantz, J. and Bugbee, B. 2010. A model of canopy photosynthesis incorporating protein distribution through the canopy and its acclimation to light, temperature and CO<sub>2</sub>. Annals of Botany 106:735-749.

Johnson IR (2016). DairyMod and the SGS Pasture Model: a mathematical description of the the biophysical model structure. IMJ Consultants, Dorrigo, NSW, Australia.

McCown, R.L., Hammer, G.L., Hargreaves, J.N.G., Holzworth, D.P., Freebairn, D.M.1996. APSIM: a novel software system for model development, model testing, and simulation in agricultural systems research. Agric. Syst. 50, 255-271.

Pineda-Pineda, Joel, Castillo-González, Ana María, Corona-Torres, Tarsicio, Cervantes-Urbán, Elizabeth, Trejo-Téllez, Libia I., Avitia-García, Edilberto, Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas [en línea] 2014, 5 (Abril-Mayo) : [Fecha de consulta: 9 de diciembre de 2016] Disponible en: <http://148.215.1.176/articulo.oa?id=263130497015> ISSN 2007-0934

Peña, R. F. M. 2011. Predicción del crecimiento, desarrollo y producción de cultivos forrajeros con un modelo biofísico de simulación y el programa DSSAT, en el sur de Nuevo León, México. UAAAN (tesis de posgrado). Saltillo, Coahuila, México, 107 pp. En: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4005> Consultado en Enero 2015.

SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016. Base de datos de producción agrícola por cultivo.

Disponible en <http://www.Siap.gob.mx>

Accesado: 17 noviembre del 2016.

SIAP.2015. Cierre de producción agrícola por estado. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. En: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Consultado en Julio 2015.

Thornley JHM, France J. 2007. Mathematical models in agriculture. Wallingford, UK: CAB International.

Villalobos, F. J., Mateos, L., Orgaz, F., Fereres, E. 2009. Fitotecnia bases y tecnologías de la producción agrícola. (Segunda Edición) Ed. Mundi- Prensa. Madrid, España, 493 pp. ISBN:

9788484763826.

Villalobos F. R., Retana-Barrantes, J.A. 2003. Validación de CROPGRO-Drybean, un modelo de simulación del crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol en Los Chiles, Costa Rica. Top. Met.. Oc, 10(2): 63-68.