



¿QUÉ ES EL PERIODO HÚMEDO Y LA CANÍCULA AGRONÓMICA Y CÓMO SE DETERMINAN? ESTUDIO DE CASO CUENCA DEL RÍO APATLACO

Ramiro Vega Nevárez¹

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Riego y Drenaje. Paseo Cuauhnáhuac 8532. Col. Progreso. C.P. 62550. Jiutepec, Morelos.

ramiro@tlaloc.imta.mx – 7773293657

Resumen

En Morelos el 72% de la superficie agrícola es de temporal, además la lluvia aporta más del 50% de los requerimientos hídricos de cultivos perennes y anuales que cuentan con riego. El temporal inicia durante el mes de junio y la siembra de cultivos de temporal se realiza una semana después; su desarrollo y rendimiento dependen del comportamiento de las lluvias. La precipitación es errática e impredecible y tanto la falta de agua como los excesos afectan los cultivos; el riesgo mayor es que se suspenda la lluvia en las etapas fenológicas críticas como la floración y el llenado de grano. En la Cuenca del Río Apatlaco, en la mayoría de los años se presenta dentro de la estación lluviosa un periodo de seco conocido como sequía intraestival o canícula. Para determinar la duración, intensidad y severidad de la canícula sobre el rendimiento del cultivo de maíz, se calcularon los índices e indicadores agroclimáticos utilizando la metodología propuesta por Vega (2018), para determinar las fechas de inicio, fin y duración el Período Húmedo (PH) y la Canícula Agronómica (CA); para ello se utilizaron los registros históricos diarios de temperatura y precipitación del periodo 1951-2010, de las estaciones Nexpa, Zacatepec, Cuernavaca y Tres Cumbres; ubicadas casi a una misma longitud, pero diferente latitud y altitud. Se determinó que existe un gradiente altimétrico de los índices calculados por lo tanto la duración del PH y la CA, la intensidad, la severidad y el impacto al rendimiento del cultivo; también siguen este mismo comportamiento.

Palabras clave adicionales: Intensidad, severidad, índices agroclimáticos

Introducción

En el estado de Morelos de acuerdo al Programa Estatal Hídrico 2014-2018, el 40.76% del territorio estatal se destina a la agricultura de temporal (198,890 ha) y representa el 72% de la superficie agrícola, considerando que la superficie que cuenta con riego es de 55,079 ha. (CEAGUA, 2014). La agricultura de temporal es más vulnerable ante el cambio climático ya que depende completamente del establecimiento y el comportamiento de la temporada de lluvias. El periodo lluvioso es errático e inconsistente, tanto en tiempo como en espacio, lo que ocasiona un bajo nivel productivo comparado con las zonas de riego (CONAGUA, 2016).

La distribución temporal de la precipitación en Morelos es de régimen monzónico ya que de junio a septiembre (solo 4 meses) se registra el 82% de la precipitación total anual (figura 1) y son en estos meses cuando se establecen los cultivos de temporal, o bien cuando se deja de aplicar el riego o se suspende en los cultivos de medio riego, riego de punteo o riego parcial (Vega, 2017).

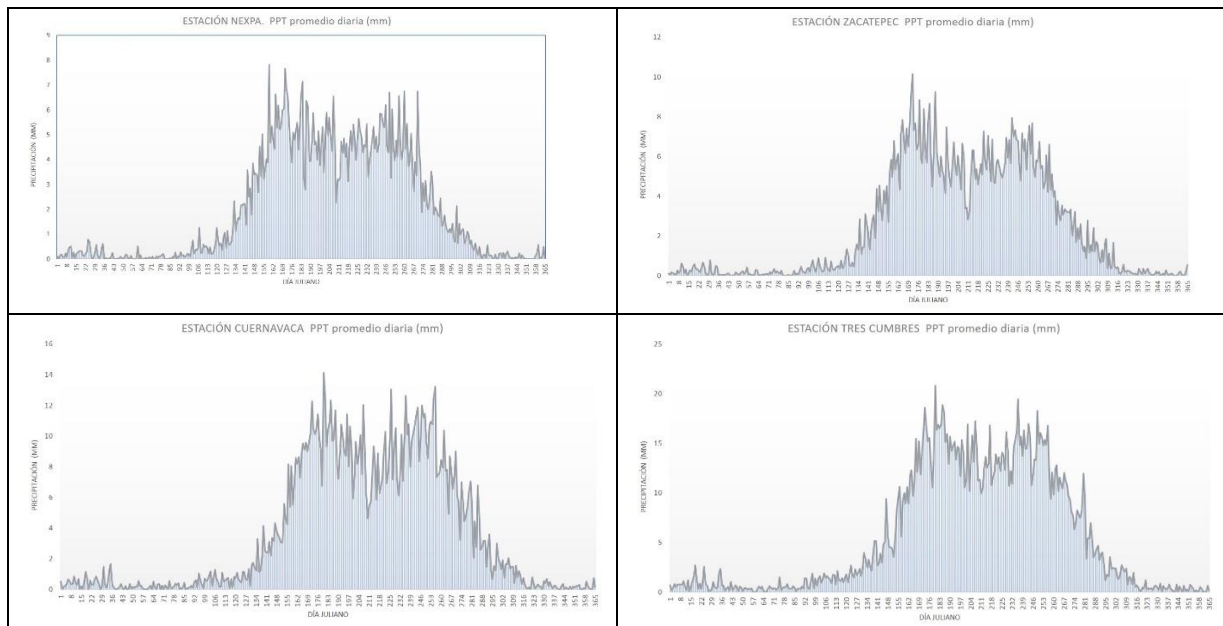


Figura 1. Distribución de la precipitación promedio diaria durante el año en cuatro estaciones del estado de Morelos de 1951 a 2010. (Fuente: Vega, 2108).

La lámina precipitada durante junio a octubre en la Cuenca del Río Apatlaco, en promedio supera los requerimientos hídricos de los cultivos de temporal establecidos como maíz, sorgo, frijol, cacahuate, jamaica, ajonjolí, calabaza, nopal para verdura, y algunas especies de frutales (Vega, 2018). Aunque se acumule la cantidad de agua requerida, no asegura una buena distribución durante el ciclo del cultivo, ya que la falta o exceso del agua en ciertas especies cultivadas y en algunas etapas del desarrollo de las mismas pueden ser de nocivas, sobre todo las de floración, amarre de fruto y llenado de grano.

En la mayoría de los años (80%) a mediados de este período lluvioso (julio-agosto) se presenta una disminución considerable de la precipitación denominada sequía intraestival o sea el período seco que se presenta dentro de la estación lluviosa; si esta sequía coincide con el período de días con las temperaturas más altas del año generalmente se le conoce como Canícula o Veranillo (Vega, 2016). Se ha determinado que aparte de la variación normal de las lluvias, esta variación se ha visto incrementada por los efectos ocasionados por el calentamiento global (CG), afectando severamente en conjunto las actividades agrícolas y ecológicas de las diferentes regiones climáticas del país (Taboada y Oliver, 2009). Los mismos autores también mencionan que la duración y la intensidad de este fenómeno afectan a toda forma de vida. Si la duración es corta la intensidad y la severidad también lo serán, pero si la duración es muy larga puede ocasionar severos daños a la población, a la vegetación natural y a los cultivos, sobre todos aquellos que no cuentan con riego.

La metodología para determinar la duración e intensidad de la canícula, es de tipo climático y fue propuesta por Mosiño y García (1968). Dicho procedimiento sólo toma en cuenta la lluvia mensual acumulada, sin indicar la distribución de cuánta agua recibe y utiliza un cultivo diariamente durante su ciclo de vida. Tampoco considera otras variables agrometeorológicas que inciden directamente con el establecimiento, manejo y rendimiento de los cultivos (Vega, 2018).



Foto 1. Cultivo de maíz en etapa desarrollo vegetativo afectado por sequía (canícula) en El Copalar, Yauatepec, Morelos (22 de julio 2018).

Desde el punto de vista agronómico la canícula, no solo depende de la temperatura y la precipitación sino de la severidad y afectación al cultivo, ya que los daños dependen de cuando se presente, de su duración y que tan intensa es; ello dependerá del tipo de suelo, el cultivo establecido, la variedad, etapa de desarrollo que se encuentre: pero



sobre todo las medidas y practicas agronómicas que se realicen en los terrenos de cultivo. Vega (2016) analizó la precipitación diaria durante 20 años y determinó el inicio y duración de la canícula en tres localidades de la parte media del Estado de Morelos, con referencia al cultivo de maíz, sembrado en promedio el día 23 de junio. También encontró que la duración de la canícula está relacionada con el detrimento de la producción y concluye que si la canícula dura menos de diez días no existe efecto negativo sobre rendimiento. La canícula agronómica puede ser mayor a diez días y durar hasta 45 días o más y en estos casos el rendimiento de los cultivos es nulo ya que generalmente el cultivo de seca, salvo en algunos casos extraordinarios donde los suelos son muy profundos y con alto contenido de materia orgánica, la muerte de las plantas resistentes como el sorgo ocurre hasta los 60 días.

La canícula agronómica considera analizar simultáneamente la precipitación histórica a nivel diario, para definir el inicio y fin de la estación lluviosa e inicio del Periodo Húmedo (PH), la frecuencia, el inicio, fin y duración de la canícula en días, la intensidad en grados día de desarrollo y unidades fototérmicas, para los cultivos involucrados, la lámina de lluvia acumulada durante este periodo y la lámina acumulada que demandan las condiciones del climáticas (ETP) y su déficit (ETP-PPT) acumulado, la intensidad de la radiación solar y los cultivos establecidos; así como los días después de la siembra y la etapa de desarrollo en la que se encuentra cuando se presenta la canícula.

Por esta razón es necesario incluir el concepto de Período Húmedo (PH) definido como el periodo del año en días donde se satisfagan las condiciones de humedad del suelo requeridas para la siembra y germinación, desarrollo vegetativo, floración, fructificación y madurez fisiológica de los cultivos. El inicio del PH considera que en esa fecha el suelo ya cuenta con humedad suficiente para que se realice la siembra y se presente la germinación o para plantar los cultivos frutales o especies perennes (Vega, 2016). El fin del PH ocurre cinco días después de cuando se suspende la lluvia (considerando una Capacidad de Almacenaje de Suelo mínima de 10 cm); o bien si la lámina es menor de 20 mm y le precede un periodo seco mayor a 10 días consecutivos. Un año seco es aquel donde no existe el PH o bien, si éste es menor o igual a 45 días. Generalmente el inicio del Periodo Húmedo ocurre de 5 a 7 días (una semana) después de haber iniciado la temporada de lluvias y se hayan acumulado 60 mm en tres días consecutivos si se suspende la lluvia, o bien si la precipitación continua hasta por 5 días y se superan los 60 cm necesarios para iniciar con la siembra. Si la estación cuenta con registros de Evaporación diaria (Ev) en mm se puede utilizar otro criterio agrometeorológico donde el inicio del PH ocurre si durante los 5 días consecutivos de lluvia se acumula una lámina equivalente a el triple de la evaporación (Ev) del tanque, durante ese mismo periodo, es decir si la Ev diaria acumulada en 5 días es de 25 mm, la lámina requerida para iniciar el PH es de 75 mm de Ev equivalente a los 60 mm requeridos de ETP (Vega, 2018).



Materiales y Métodos

Selección del área de estudio. Se seleccionó la Cuenca del Río Apatlaco perteneciente a la Región Hidrológica administrativa del Río Balsas y conformada por una pequeña porción de territorio de la Ciudad de México en la parte norte y otra pequeña porción en la parte norponiente de estado de México, pero la mayor superficie está localizada dentro del estado de Morelos ya que cuenta con 659 Km² y representa el 13.29% de la superficie estatal. En esta cuenca es la más poblada del estado por lo tanto es de las más contaminadas y afectadas por la actividad humana y el calentamiento global. De las 44 estaciones localizadas dentro o con influencia climática de la cuenca, se seleccionaron cuatro estaciones alineadas longitudinalmente, pero ubicadas a diferente altitud y latitud que son: Nexpa, Zacatepec, Cuernavaca y Tres Cumbres en el estado de Morelos y que se presentan en la Tabla 1. Todas cuentan con datos diarios de precipitación y temperatura del periodo 1951 a 2010 (60 años), de la base de datos existentes en el CLICOM proporcionados en archivos digitales estandarizados y homogenizados por Montero y Pita (2018).

Tabla 1. Estaciones seleccionadas para determinar el Período Húmedo y la Canícula Agronómica para maíz en la Cuenca del Río Apatlaco.

Estación	Clave	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)	PPT (mm)	Tmax (°C)	Tmin (°C)
NEXPA	17038	18.52	-99.145	800	730.9	32.57	17.54
ZACATEPEC (OBS)	17042	18.65	-99.183	918	881.2	33.69	15.45
CUERNAVACA	17004	18.92	-99.234	1510	1308.95	26.74	16.17
TRES CUMBRES	17022	19.04	-99.258	2639	1980.69	18.57	5.04
PROGRESO IMTA		18.88	-99.159	1372	1224.1		

(Fuente: Vega, 2018.)

Obtener la información del sitio, clima, suelo y cultivo.

En mismo cuadro se presenta la estación de Progreso IMTA que se incluyó por tener registrado sin interrupción todos los datos diarios termo pluviométricos, además de contar con datos de evaporación diaria de 2013 a la fecha, y por la cercanía de los terrenos donde se siembran cultivos de temporal y las parcelas de observación de las últimas tres canículas.

Suelo. Vertisol, textura arcillosa y profundidad de 80 cm sobre lecho basáltico; con Pendiente del 8%, la capacidad de almacenaje del suelo (CAS) mínima es igual a 100 mm.



Cultivo. Para dar seguimiento al cultivo de maíz en la localidad del Copalar, Yautepec, Morelos (18° 51' 09" lat. Norte, - 99°06' 03" Long. Oeste y altitud 1169 msnm), variedad "mexicano de junio" de ciclo intermedio (140 días) plenamente adaptado a la zona, requiere temperaturas superiores a los 10°C y menores de los 40°C con un óptimo de 28 a 32 °C, una lámina neta de 550 mm y no cuenta con modelo fenológico solo con los requerimientos de 2200 Grados Día de Desarrollo base10, desde la siembra la madurez fisiológica.

Labores culturales y de manejo del cultivo. Antes de la siembra se dio un cruce de rastra el 06 de julio de 2018. La siembra se realizó el día 23 de junio, dos días después aplicar glifosato contra la maleza. La germinación se presentó el 28 de junio y las primeras hojas verdaderas el 01 de julio. Se realizó la primera escarda mecánica (remoción 10 cm de suelo) el 13 de julio. Aplicación de urea el 08 de agosto y el aporque el 10 de agosto mediante el cultivo con tracción animal. Se presentó la etapa de hoja bandera el 23 de agosto (Foto 2) y la Floración plena el 31 agosto y 15 de septiembre el grano lechoso. Última etapa verificada.

Cálculo de índices e indicadores para determinar el Periodo Húmedo y la canícula Agronómica.

Se realizarán los cálculos de los índices e indicadores agroclimáticos Utilizando la metodología de Vega (2018), para cada año analizado determinar el Periodo húmedo y la canícula agronómica en las cuatro estaciones y se dará seguimiento puntual a la canícula 2018 con los datos de la estación Progreso IMTA administrada por la CONAGUA.

Tabla 2. Listado de los índices e indicadores para determinar el Periodo Húmedo y la Canícula Agronómica en cuatro estaciones de la Cuenca del Río Apatlaco. (Vega, 2018).

Índices o indicadores		
Inicio del PH (fecha)	PPT CA promedio mm	Promedio GDD2 del PH
Inicio de CA (fecha)	Número de años secos (No hay periodo húmedo o ≤ 45 días)	Promedio UFoto2
Fin de la CA (fecha)	Años húmedos (Período Húmedo= >45 Días)	Fotoperiodo promedio CA (horas)
Duración de la CA (días)	Promedio T max °C	Brillo solar estimado n (horas)
Número de años con CA	Promedio T min °C	Radiación global Rg estimada mm
Fin PH (fecha)	Promedio T med °C	Radiación neta estimada Rn en mm
Duración PH (días)	Promedio Tmax del PH °C	Evaporación estimada Ev mm
PPT promedio anual (mm)	Promedio Tmin del PH °C	Evapotranspiración potencial ETP estimada mm
PPT (May - Oct) promedio	Promedio Tmed del PH °C	Déficit hídrico (ETP - PPT) de CA
PPT (PH) promedio mm	Promedio GDD2 (Tb = 10°C)	



Resultados y Discusión

De los índices e indicadores para determinar el PH y CA.

Los resultados de los cálculos y análisis de los índices e indicadores se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del cálculo de índices e indicadores agroclimáticos para determinar el PH y la CA, en cuatro estaciones de la Cuenca del Río Apatlaco (1951-2010).

CLAVE	17038	17042	17004	17022	
ESTACIÓN	NEXPA	ZACATEPEC	CUERNAVACA	TRES CUMBRES	PROMEDIO
Inicio del PH (fecha)	30-jun	20-jun	13-jun	10-jun	19-jun
Inicio de CA (fecha)	17-jul	06-jul	10-jul	03-jul	09-jul
Fin de la CA (fecha)	06-ago	24-jul	27-jul	17-jul	26-jul
Duración de la CA (días)	21	17	16	14	17 días
Número de años con CA	56	59	49	21	46 días
Fin PH (fecha)	09-sep	29-sep	03-oct	10-oct	28-sep
Duración PH (días)	72	101	112	124	102 días
PPT promedio anual (mm)	730.9	881.02	1308.95	1980.69	1225.39
PPT (May - Oct) promedio	694.61	838.74	1240.98	1855.82	1157.54
PPT (PH) promedio mm	403.49	630.31	1027.76	1665.3	931.72
PPT CA promedio mm	93.54	109.32	165.23	227.37	148.87
Número de años secos (No hay periodo húmedo o ≤ 45 días)	15	1	0	0	4 años
Años húmedos (Período Húmedo= >45 Días)	45	59	60	60	56 años
Promedio T max °C	32.57	33.69	26.74	18.57	27.89
Promedio T min °C	17.81	16.02	15.45	4.92	13.55
Promedio T med °C	25.2	24.85	21.1	11.73	20.72
Promedio Tmax del PH °C	29.04	32.61	25.69	17.73	26.27
Promedio Tmin del PH °C	18.68	18.75	16.62	7.05	15.28
Promedio Tmed del PH °C	23.82	25.68	21.16	12.4	20.77
Promedio GDD2 (Tb = 10°C)	14.95	14.85	11.1	1.73	10.66
Promedio GDD2 del PH	14.51	15.68	11.16	2.38	10.93
Promedio UFoto2	181.7	179.76	134.25	22.38	129.52
Fotoperíodo promedio CA (horas)	12.89	13.03	12.98	13.08	12.99
Brillo solar estimado n (horas)	6.82	6.72	6.4	5.12	6.27
Radiación global Rg estimada mm	188.97	151.98	140.96	110.88	148.20
Radiación neta estimada Rn en mm	186.36	136.85	126.88	99.68	137.44
Evaporación estimada Ev mm	186.36	136.85	126.88	99.68	137.44



Evapotranspiración potencial ETP estimada mm	136.14	122.36	114.3	85.5	114.58
Déficit hídrico (ETP - PPT) de CA	42.6	13.04	-50.93	-141.87	-34.29

Como se observa en la tabla 3, tanto la temperatura como la precipitación en la Cuenca del Río Apatlaco dependen de un gradiente altitudinal. Las partes más altas son más frescas y lluviosas; mientras que las bajas son más calientes y secas. Como los demás índices e indicadores utilizan en su mayoría estas variables de entrada para su cálculo, siguen el mismo patrón altimétrico, tal como se muestra en esta misma tabla.

Del Periodo Húmedo (PH) y la Canícula Agronómica (CA)

El inicio del PH ocurre primero en las estaciones más altas debido las lluvias orográficas tempranas se presentan en las zonas montañosas y en las partes más bajas existe un retraso de ocurrencia de una a dos semanas. En todas las estaciones el inicio del PH se registra durante el mes de junio, en promedio el día 19. Casi tres semanas después de inicio del PH se presenta la CA en promedio el 09 de julio. El fin de la CA ocurre en promedio el día 26 de julio y tiene una duración promedio de 17 días. En 2018 la duración de la CA en Progreso fue en promedio de 35 días, iniciando el 31 de junio y terminando el día 4 de agosto. En algunos años tiene valores extremos de 45 días de duración, pero existen algunos años lluviosos donde la CA no se presenta. Nexpa presenta la mayor duración de la CA de 21 días y Tres Cumbres más baja de 14 días. La frecuencia de la CA también varía entre estaciones y en promedio es del 75 por ciento. Para la parte baja de Morelos la frecuencia de la CA es mayor, ya que se reciben menores láminas de precipitación. En estas zonas la frecuencia que se presente una sequía en promedio es de un 95%. En la parte alta existen estaciones más lluviosas donde la canícula es menos frecuente como el Tres Cumbre donde la frecuencia es tan solo del 35%. La parte media como Cuernavaca, Progreso y Yautepec, la frecuencia es de un 80%; es decir de cada 10 años, en 8 se presenta la CA. Si un año se presenta canícula en la parte alta, es muy probable que se presentara en la parte media y seguro en la parte baja.

El fin del PH ocurre primero en las estaciones más secas En promedio el fin del PH ocurre el día 28 de septiembre, con una duración promedio de 102 días. La duración del PH en algunos años es menor a 45 días y es considerado como un año seco. En la estación Nexpa la frecuencia de que se presente un año seco es del 25%, En Zacatepec es solo el 1.7%, en las estaciones de Cuernavaca y Tres Cumbres nunca se presentó un año seco en el periodo analizado (Figura 2). La precipitación acumulada en el PH demuestra que solo Nexpa no cubre las necesidades hídricas del cultivo de maíz; El promedio dentro del PH es de 932 mm. Es muy frecuente que en las estaciones con



una duración del PH menor a 90 días no cultiven el maíz, pero si siembren otro cultivo más resistente a la sequía o de ciclo más corto.

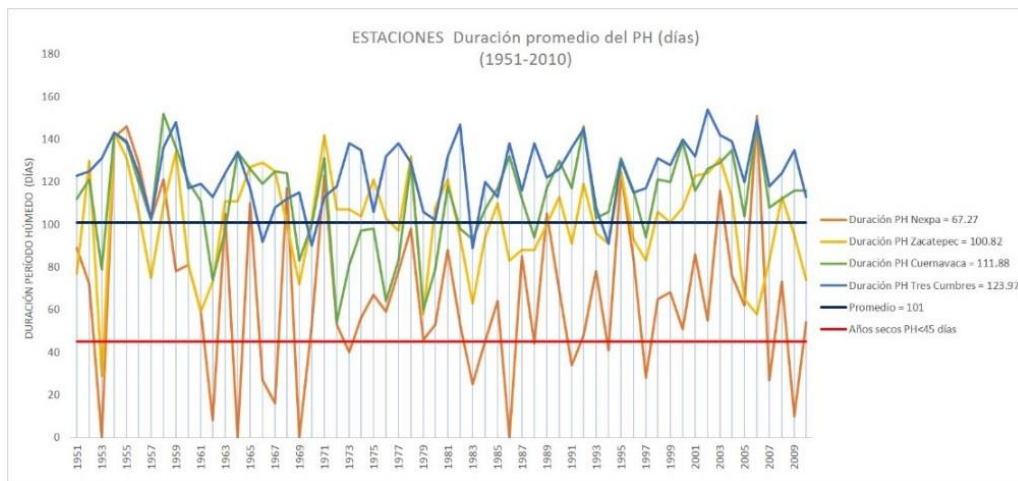


Figura 2. Variación y promedio de la duración en días del período húmedo (PH) y los años secos en cuatro estaciones de Cuenca del Río Apatlaco, de 1951 a 2010.

La intensidad de la CA en cuanto a su duración es diferenciada por la altura y a la vez por la precipitación, para las zonas bajas y secas puede ser mayor a tres semanas (21 días) para las intermedias de 21 a 16 días y para las altas y húmedas de 16 a 14 días como en Tres Cumbres.

La severidad de la CA en Nexpa para el cultivo del maíz es alta ya que dura 21 días, se acumulan 305 GDD2, para Zacatepec es media por duración y alta por Temperatura dura 17 días se acumulan 267 GDD2, En Cuernavaca es media tanto por duración como por temperatura, dura 16 días y se acumulan 179 GDD2. En Tres Cumbres es ligera por duración, pero no existe condiciones para establecer el cultivo de maíz, pero si para papa, avena y zanahoria donde solo se acumulan 33 GDD2 y 62 GDD1. En promedio la duración de la CA en las estaciones analizadas es de 17 días se acumulan 196 GDD2, lo que significa que, en promedio para maíz, la severidad es media.

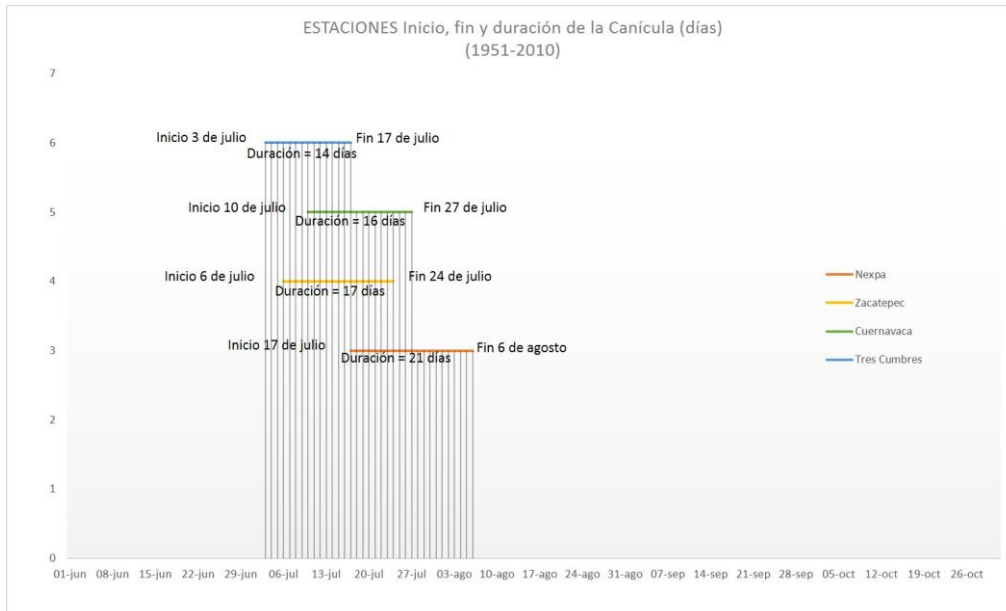


Figura 3. Inicio, fin y duración promedio de la canícula agronómica en días en 4 estaciones de la Cuenca del Río Apatlaco (de 1951 a 2010).

La canícula agronómica aparte de clima involucra conocer los requerimientos agroclimáticos de cada especie cultivada, en cada una de sus etapas fenológicas. Estudiar el comportamiento de la canícula en forma cuantitativa ha ayudado a proponer recomendaciones a la medida para de cada sitio o condición. En el caso de Morelos la canícula es diferenciada como también la PPT lo es; en localidades ubicadas en la parte baja (menor a 1200 msnm) la canícula normal dura 3 semanas (21 días en Nexpa, Figura 3) puede ser mitigada con algunas prácticas agrícolas como la remoción de los primeros 10 cm del suelo mediante el cultivo o bien deshierbe y el dar tierra a plantas (aporque). Si se cuenta con riego se da un auxilio a los 14 días de iniciada la canícula. La práctica más recomendable es el retraso de siembra 5 días después de inicio del PH o 10 días después a fecha tradicional del 21 de junio. Otra recomendación es sustituir el cultivo de maíz por especies más tolerantes a la severidad de la canícula como el sorgo, frijol, cacahuate, ajonjolí y jamaica.

Seguimiento al comportamiento de las variables climáticas y a las actividades agrícolas y a la fenología del maíz en 2018.

Con los datos diarios de precipitación, evaporación y temperatura media de la estación Progreso IMTA fueron utilizados los mismos algoritmos, parámetros y criterios que las estaciones anteriores para determinar inicio, fin y duración del PH y la CA, así como también darle seguimiento al cultivo del maíz y a las medidas culturales y manejo del cultivo en 2018. El inicio del PH fue el día 14 de junio, el maíz se sembró el 23 de junio. El inicio de la CA fue el día 30 de junio y terminó el día 4 de agosto. Tuvo una duración de 35 días y la planta se encontraba en la etapa fenológica de las primeras hojas verdaderas. A pesar de ser una canícula muy intensa donde el cultivo se estresó al



máximo se repuso, debido a las prácticas de manejo realizadas, las fotos 2 y 3 muestran su estado fenológico a los 61 y 84 días después de la siembra (22 de agosto y 15 de septiembre respectivamente).



Fotos 2 y 3. Seguimiento al PH y CA y el desarrollo del cultivo de maíz de temporal en el Copalar, Yautepec, Morelos, durante 2018. 61 y 84 días después de la siembra.

Conclusiones

Se aplicó satisfactoriamente la metodología para determinar el PH y la CA en todas las estaciones estudiadas y se pudo dar seguimiento puntual en tiempo real al comportamiento de las variables climáticas y agronómicas de la estación Progreso IMTA y al cultivo de maíz establecido en el Copalar a 7 Km de distancia.

Las temperaturas, la precipitación, la radiación, la evaporación y la ETo y los índices e indicadores agroclimáticos calculados con estas variables de entrada, dependen de la ubicación de la estación, en mayor grado por la altura y el relieve y en segundo lugar por la latitud.

Se ha determinado que para la Cuenca de Río Apatlaco el inicio de la temporada de lluvias se presenta en la segunda semana de junio y el periodo húmedo inicia normalmente una semana después y coincide con la fecha elegida por los productores para iniciar la siembra de cultivos de temporal.

La duración del PH dura casi cuatro meses y en ese periodo en promedio de la precipitación es suficiente para satisfacer en cantidad de agua requerida por los cultivos, pero no satisface la oportunidad ya en la mayoría de los años dentro del periodo lluvioso se presenta la sequía intraestival o canícula con una duración promedio de 17 días, con un déficit hídrico promedio de 28 mm. A pesar de ser más larga en la zona media y baja del estado de Morelos, se compensa en parte porque los suelos generalmente son profundos y de textura fina (vertisoles y feozem).

Afortunadamente la sequía en la Cuenca del Río Apatlaco en la mayoría de los años se presenta en primera o segunda etapa de desarrollo de los cultivos y no en el periodo crítico de floración y llenado de grano por lo que el grado de severidad se considera media,



reduciendo hasta el 20% del rendimiento. El PH termina el 3 de octubre y con ello la duración del PH de 105 días. La frecuencia de años secos en promedio es muy baja (menos del 5%).

La cantidad de lámina precipitada en promedio supera los requerimientos de los cultivos estudiados, desafortunadamente, la cantidad de agua no asegura una buena distribución durante el ciclo del cultivo.

A futuro se considera realizar la determinación probabilística de todas las variables de entrada, así como el cálculo de indicadores e índices agrometeorológicos ya que hace falta determinar en términos de probabilidad de ocurrencia los valores de las variables, las fechas en DJ, la duración, la intensidad y eventos de manejo y prácticas agronómicas como la siembra, cosecha etc. que intervienen en la determinación del periodo húmedo y la canícula agronómica.

Referencias Bibliográficas

CEAGUA, Morelos. (2014). Programa Estatal Hídrico de Morelos 2014 – 2018. Publicada en el Periódico Oficial “Tierra y Libertad” No. 5208 de fecha 2014/07/30. Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. Dirección General de Legislación. Subdirección de Jurismática.

Cervantes O. R., R. Arteaga R., M.A. Vázquez P. y W. Ojeda B. (2012). Radiación global diaria estimada con métodos convencionales y redes neuronales artificiales en el Distrito de riego 075. Ingeniería Agrícola y Biosistemas 4(2): 55-60, 2012.

CONAGUA. (2016), Estadísticas del agua en México, SEMARNAT, Coyoacán, México D.F. www.conagua.gob.mx.

Montero M.M.J. y Pita. (2018). Homogeneización de Datos y Cálculo de Índices de Cambio Climático para la Cuenca del Río Apatlaco. En prensa.

Mosiño, P.A. y García, E. (1968). Evaluación de la Sequía intraestival en la Republica de Mexicana. Serie de Sobretiros número 6 de Los Climas del Valle de México, editado por Enriqueta García. México: Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 57 pp.

Taboada, S. M y Oliver, G. R. (2009). La sequía intraestival, una manifestación de cambio climático en el estado de Morelos, México. Revista. Investigación Agropecuaria. 2009. Volumen 6(1). p. 51-62.

Vega, N. R. (2016). Duración de la sequía intraestival (canícula o verano) para el cultivo de maíz en la zona media del estado de Morelos. Memoria del II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016. Del 08 al 10 de septiembre del 2016. Chapingo, México.



Vega, N. R. (2017). Severidad de la sequía intraestival (canícula) en dos cultivos bajo temporal y medio riego en el estado de Morelos. Memoria técnica del XXIV Congreso Nacional de Hidráulica. Acapulco, Guerrero. México. Marzo 2017.

Vega, N. R. (2018). Metodología para determinar la frecuencia duración, intensidad y severidad de la sequía intraestival (canícula), con fines de manejo agronómico y adaptación al cambio climático de los cultivos de temporal. IMTA, 2018. Capítulo de libro (en prensa).