

## Acumulación de horas frío para la producción de arándano en Nayarit, México

Arturo Álvarez-Bravo<sup>1</sup>

Rubén Bugarín-Montoya<sup>2§</sup>

Mairim Elizabeth Arellano-Figueroa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Nayarit, México. CP. 63300. (alvarez.arturo@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit-Unidad Académica de Agricultura. Amado Nervo s/n, Col. Los Fresnos, Ciudad de la Cultura Tepic, Nayarit, México. CP. 63155. <sup>3</sup>Investigador independiente. (maieli51@gmail.com).

§Autor para correspondencia: drbugarin@hotmail.com.

### Resumen

El clima es un factor determinante del rendimiento y calidad en sistemas de producción agrícola. El objetivo de este trabajo fue cuantificar las horas frío-acumulables en Nayarit y utilizar dicha información como indicador agroclimático en la regionalización para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). En la investigación se emplearon datos de la red de estaciones agrometeorológicas de Nayarit, la cual se compone de 38 estaciones automatizadas que colectaron datos quinceminutales de 11 variables. Con registros de temperatura mínima se calcularon las horas frío, las cuales se organizaron por mes y acumulación por año. Mediante un sistema de información geográfica se representó cartográficamente la distribución de las horas frío anual (HFA), con interpolación y organización de los resultados en cuatro fases (<299, 300-399, 400-499 y 500-699). Para cada clase de HFA, se cuantificó la superficie en cada uno de los 20 municipios. Finalmente se evaluó la precisión del modelo de interpolación contra una base de datos ajena al conjunto de datos principal. Los resultados muestran cómo solamente en el 27.4% de la superficie estatal se acumulan más de 300 HFA que es el requerimiento mínimo para arándano. Las condiciones térmicas para arándano se ubican principalmente en el centro y sur del estado, resaltando los municipios de Compostela, Xalisco, Tepic, Santa María del Oro, Jala, La Yesca e Ixtlán del Río que representan el 81.6% de la superficie apta. Los resultados son un precedente sobre la acumulación de horas de frío en Nayarit y funge como instrumento de planeación para tomadores de decisión, técnicos y productores interesados en el cultivo de arándano.

**Palabras clave:** agroclimatología, horas frío, temperatura.

Recibido: enero de 2019

Aceptado: abril de 2019

## Introducción

En las últimas décadas, el estado de Nayarit ha experimentado un proceso de reconversión productiva, desde cultivos básicos hacia frutales y hortalizas en invernadero (SIAP, 2017). En este proceso de transición se ha incursionado en la adopción de nuevos cultivos y tecnologías de producción, particularmente el de frutillas bajo condiciones de agricultura protegida. Esta última ofrece nueva alternativa de reconversión con alta rentabilidad en poca superficie (SIAP, 2017). A nivel mundial, la producción de frutillas o ‘Berries’ en inglés, como la fresa, arándano, zarzamora o frambuesa, ha cobrado relevancia económica, política, social y se encuentra en pleno crecimiento y desarrollo (Cruz, 2018).

En México, como respuesta a la demanda creciente de frutillas en el mundo, se han desarrollado proyectos de diversificación de cultivos en Michoacán, Baja California, Nayarit y Puebla, entre otros, las cuales cuentan con características climáticas óptimas en diferentes periodos estacionales de producción (FIRA, 2016). En Sinaloa o Sonora, se están buscando variedades que se adapten a condiciones cálidas con el objeto de mejorar la rentabilidad (González, 2013).

El arándano es una de las especies de reciente introducción en la cadena agroalimentaria en México, su producción se remonta a 1996 y en la última década ha tenido un crecimiento mayor a 800%, debido a la demanda del producto en Europa, Asia y Norte América (Pérez, 2018). En el país hay establecidas 2 625 ha de arándano (SIAP, 2017) que generan entre 100 y 110 mil empleos directos e indirectos (FAOSTAT, 2017). El estado de Jalisco se coloca en primer lugar en producción de arándano, con 14 563 t en 1 576 ha y un valor de producción de 524 millones de pesos (SIAP, 2017).

En general, el precio al productor por tonelada de arándano ascendió a 51 966 pesos en ese año y fue más alto comparado con el resto de las frutillas. Este tipo de cultivos, por su alto valor, potencia la rentabilidad de pequeñas superficies y es viable integración de pequeños productores (FIRA, 2016). México produce 8.78 t ha<sup>-1</sup>, posicionándose con mejor rendimiento, seguido por Italia con 7.5 t ha<sup>-1</sup>, Rumania 6.66 t ha<sup>-1</sup> y Estados Unidos con 6.46 t ha<sup>-1</sup> (Hernández y Gutiérrez, 2013).

El arándano se cultiva desde los 600 hasta 2 500 msnm en diversas partes del mundo (Paredes, 2010). En general, la planta de arándano durante el otoño en climas fríos presenta un periodo de dormancia debido a la presencia de bajas temperaturas y fotoperiodo corto, por lo que requiere cierto número de horas frío (HF) para la iniciación floral y crecimiento de hojas en la primavera (Retamales y Hancock, 2012). Las variedades actuales disponibles tienen requerimientos de frío desde 150 a 800 HF en arándano tipo arbusto alto del sur (southern highbush), hasta 800 a 1200 HF para el tipo arbusto alto del norte (northern highbush), y de 300 a 600 HF en variedades tipo ‘ojo de conejo’ (rabbiteye) (Retamales y Hancock, 2012).

Asimismo, las variedades de arándano se clasifican en tres grupos: requerimiento ‘alto’ mayor a 800 horas frío, ‘medio’ de 400 a 600 HF y ‘bajo’ menor a 400 HF (García, 2011). Se ha propuesto considerar que los requerimientos de HF para arándano se satisfacen en el intervalo de temperaturas arriba de 1.4 y menores de 12.4 °C (Retamales y Hancock, 2012). Cesaraccio *et al.* (2004 y 2006) describieron la importancia de acumulación de frío seguido de un periodo cálido el cual permite la emergencia de los brotes reproductivos en arándano. Por lo tanto, el cálculo de HF es importante, ya que permite definir los sitios potenciales de cultivo (Mainland, 1985).

El arándano a pesar de ser una especie adaptada de climas templados y fríos, la producción en México es posible porque algunas variedades como ‘Biloxy’, ‘Victoria’, ‘Kester’, ‘Rocío’ y ‘Corona’ entre otras, tienen bajo requerimiento de horas frío y se adaptan a la mayoría de los microclimas tropicales y subtropicales presentes (Salgado *et al.*, 2018). En la actualidad, se han introducido a nuestro país, nuevas variedades de arándano que no requieren horas-frío, y que han sido seleccionadas para los sistemas de producción siempre verde, como es el caso de BiancaBlue™ ‘FCM12-087’, AtlasBlue™ ‘FCM12-045’ y Jupiter Blue ‘FCM12-131’ por la empresa Fall Creek Farm & Nursery Inc., lo cual, sin duda, favorecerá una mayor expansión del cultivo de arándano en zonas subtropicales y tropicales.

La precocidad productiva es la principal ventaja comercial de las variedades de arándanos de baja exigencia de horas frío, cuyos frutos alcanzan los precios más altos durante el inicio de la cosecha del hemisferio norte en marzo-abril (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2014). Dada la expansión actual y futura que se prevé del arándano en el estado de Nayarit, es importante contar con un instrumento técnico, validado científicamente que permita identificar las zonas con potencial climático que requiere el cultivo. El objetivo del presente estudio fue identificar y cuantificar la superficie con condiciones agroclimáticas óptimas para la producción de arándano en el estado de Nayarit.

Los resultados abonan a un mejor entendimiento de las condiciones ambientales que prevalecen en las zonas agroecológicas y es una herramienta útil para los tomadores de decisión, técnicos y productores.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El trabajo consideró el territorio del estado de Nayarit, entidad ubicada en el occidente de México. Localizada en, entre los paralelos 23° 05’ 04’’ y 20° 36’ 12’’ latitud norte y entre los meridianos de 103° 43’ 15’’ y -105° 45’ 37’’ longitud oeste (INEGI, 2015).

### Datos meteorológicos

Se utilizaron datos de la red de estaciones agrometeorológicas de Nayarit, la cual se compone de equipos automatizados que colectan datos quinceminutales de temperatura, precipitación, radiación solar y viento (Adcon Telemetry, modelo A753, Klosterneuburg, Austria). La red operó durante ocho años desde 2007 con 38 estaciones (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Descripción de las estaciones meteorológicas.**

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Acaponeta	22.48	105.403	15	Santa María del Oro	21.341	104.635	1084
Estancia de los López	20.852	104.434	892	Colonia Moderna	21.467	104.66	858
Valle de Banderas	20.784	105.242	62	Villa Juárez	21.695	105.392	57
El Capomo	21.116	105.156	40	Santiago Ixcuintla	21.824	105.184	10
Ixtapa de la Concepción	21.301	105.192	20	El Verdineño	21.702	105.132	43

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Monteón	20.974	105.306	21	Santa Cruz	21.979	105.579	1
Compostela	21.231	104.884	861	Pozo de Ibarra	21.872	105.276	32
Mesa del Nayar	22.214	104.647	1403	Quimichis	22.368	105.537	9
Huajicori	22.636	105.331	75	El Limón	22.301	105.467	3
Ixtlán del Río	21.024	104.362	1131	San Felipe Aztatán	22.399	105.395	22
Rosa Blanca	21.118	104.358	1936	Atonalisco	21.653	104.827	415
Puente de Camotlán	21.7	104.089	1113	V. Carranza	21.525	104.974	1063
Rosamorada	22.095	105.217	25	Xalisco	21.425	104.892	974
Guadalupe Victoria	21.667	105.326	3	Malinal	21.367	105.018	864
Las Palmas	21.605	105.143	186	San Pedro L.	21.201	104.757	1271
Tequilita	21.104	104.807	979				

### Gestión de los datos

Mediante el motor de base de datos Access 2013 (Microsoft Office 2010, Redmond, Washington, Estados Unidos) se integraron los datos de temperatura organizados por estación meteorológica, fecha y hora.

### Cálculo de horas frío acumulado

Por cada estación meteorológica, mes y año se cuantificó las horas frío (HF). Las HF son los registros de temperatura menor o igual a 12 °C. Este umbral de temperatura fue sugerido por Norvell & Moore, 1982. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$HF_{Am} = (\sum RT \leq 12 \text{ } ^\circ\text{C}) / 4$$

Donde: HF<sub>Am</sub> son las horas frío acumuladas por mes y RT son los registros de temperatura quinceminutales menor o igual a 12 °C.

### Conjunto de datos de horas frío anual

Para el análisis de los datos anuales (HFA) se promediaron los valores mensuales por la serie de tiempo (8 años) para cada estación. Resultaron dos bases de datos, una para la interpolación constituida por los registros de 31 estaciones y otra, con registros de siete estaciones, que representan una muestra de 20% para la validación de la interpolación (Cuadro 1).

### Representación cartográfica

El análisis espacial, se realizó en el sistema de información geográfica Arcmap Versión 10.1 (ArcGIS ESRI, Redlands, California, Estados Unidos). El método de interpolación utilizado para la variable HFA fue IDW (Distancia Inversa Ponderada) y el resultado de este procedimiento fue clasificado de acuerdo al Cuadro 2.

**Cuadro 2. Clasificación de la acumulación de horas frío anual y las variedades de arándano aptas para esa condición.**

Umbral		Descripción y condiciones de horas-frío por variedad <sup>1</sup>
Inferior	Superior	
0	299	Acumulación de horas frío insuficiente para muchas variedades, excepto variedades para cultivo siempre verde, con bajo o nulo requerimiento de frío. Por ejemplo, Biloxi (150 HF), Victoria (sin requerimiento de frío)
300	399	Condiciones para variedades Jewel, Rabbiteye y Misty
400	499	Condiciones para variedades Sharblue y O'Neal
500	699	Condiciones para variedades Jubilee y Ozarkblue

<sup>1</sup>= (Norvell y Moore, 1982; Darnell y Davies, 1990; Darnell, 1992; García, 2011; Salgado *et al.*, 2018).

El mapa de acumulación anual de horas frío en Nayarit se hizo en Arcmap Ver. 10.1, con el método de estadística espacial ArcToolBox se calculó la superficie estatal y municipal para cada clase.

### Validación de la interpolación

Se compararon los datos de horas frío acumulado resultado de la interpolación o datos predichos contra los datos observados de una muestra aleatoria de siete estaciones (Cuadro 3). Con el programa estadístico Minitab versión 17 (Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos), el análisis se elaboró con el modelo de regresión lineal, calculando el coeficiente de correlación.

**Cuadro 3. Descripción de estaciones meteorológicas empleadas en la validación.**

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m)
San Juan de Abajo	20.837	105.211	70
Las Varas	21.192	105.147	14
Jala	21.081	104.438	1 045
Huajimic	21.671	104.342	1 205
Amapa	21.812	105.232	31
Tecuala	22.4	105.475	11
Tepic	21.488	104.89	946

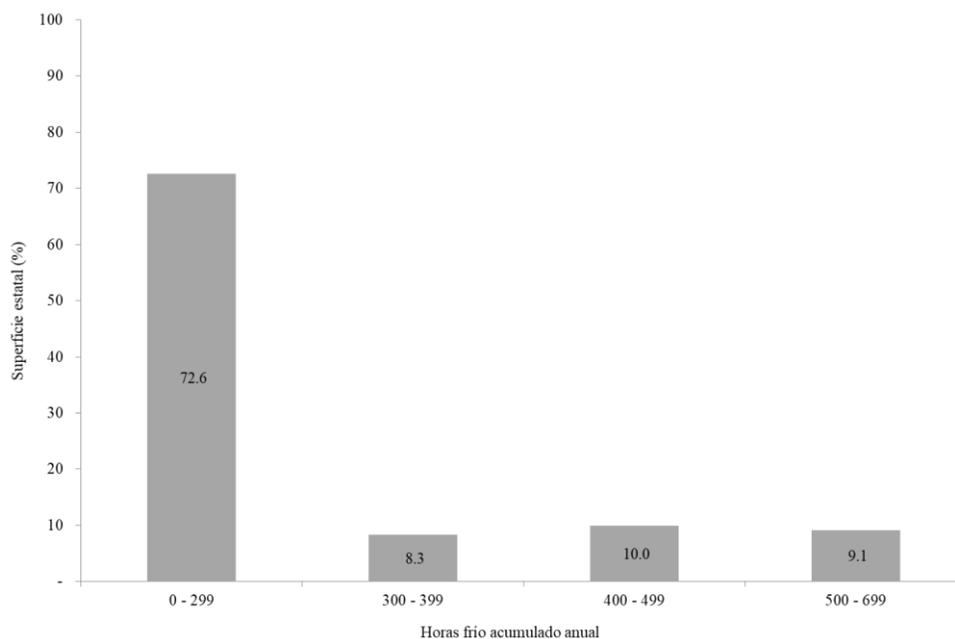
### Análisis del conjunto de datos mensuales

Se realizó un análisis de estadística descriptiva de los datos diarios organizados por mes, con el apoyo de una gráfica de caja elaborada con el programa estadístico Minitab versión 17.

## Resultados y discusión

### Horas frío acumulado anual de la zona de estudio

En Nayarit 72.6% (2 038 724 has) del territorio, acumula anualmente menos de 300 horas frío. Las restantes 768 549 ha acumulan desde 300 hasta 700 horas frío anualmente, las cuales según (Norvell y Moore, 1982; INTAGRI, 2017; Salgado *et al.*, 2018) son suficientes para la producción de arándano de variedades tipo 'Ojo de conejo', así como tipo arbusto alto del sur Jewel, Misty, Sharpblue, O'Neal, Jubilee o Ozarkblue (Figura 1).



**Figura 1. Clasificación de las horas frío acumulado anual en Nayarit.**

Las condiciones identificadas entre 300-500 HF anuales, que representan 18.3% de la superficie estatal, pueden ser aptas para la variedad Biloxi lo cual coincide con Salgado *et al.* (2018). Las HF demandadas por algunas variedades de arándano de bajo y medio requerimiento de frío según García (2011) fueron encontradas en el presente trabajo por lo que en Nayarit es altamente factible su cultivo.

### Acumulación anual de horas frío por municipio

En 19 municipios fue posible cuantificar superficie donde se acumula menos de 300 horas frío anualmente. Las 768 549 ha que corresponden a la acumulación de frío mayor a 300 horas anuales fueron ubicadas en los municipios de Ahuacatlán, Amatlán de Cañas, Compostela, Del Nayar, Ixtlán del Río, Jala, La Yesca, San Pedro Lagunillas, Santa María del Oro, Tepic y Xalisco. La superficie en la que se acumulan más de 500 horas frío anual corresponde a los municipios de Ahuacatlán, Del Nayar, Ixtlán del Río, Jala, La Yesca, San Pedro Lagunillas, Santa María del Oro y Tepic, la cual representa 256 125 ha o 9.1% del territorio estatal. De estos, sobresalen los municipios de La Yesca y Santa María del Oro con cerca de 180 000 ha (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Superficie en hectáreas con horas frío-acumuladas durante el año.**

Municipio	Acumulación anual de horas frío			
	0-299	300-399	400-499	500-699
Acaponeta	142 610.4			
Ahuacatlán	25 469	13 323.9	8 024.3	3 623.2
Amatlán de Cañas	50 266	1 529.9		
Bahía de Banderas	77 073			
Compostela	152 478.1	7 785.8	27 642.2	

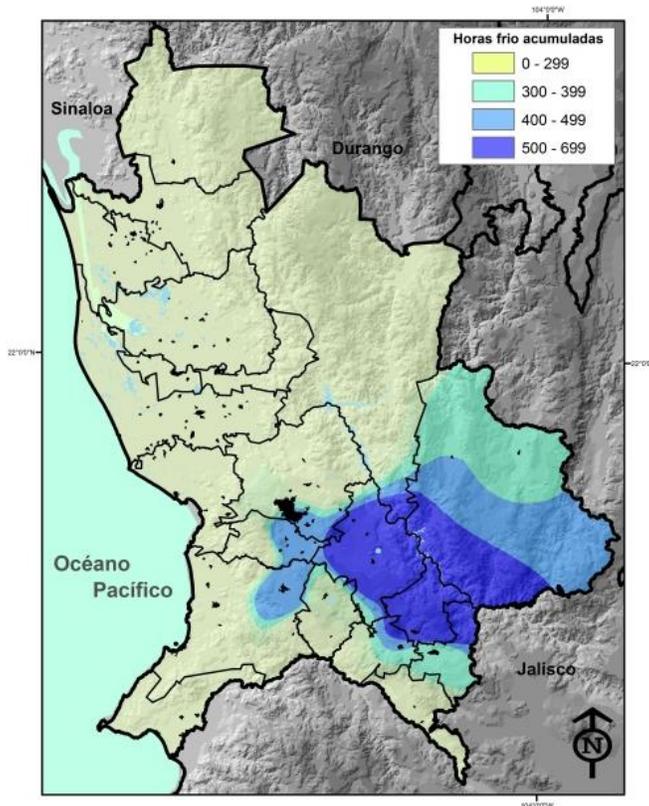
Municipio	Acumulación anual de horas frío			
	0-299	300-399	400-499	500-699
Del Nayar	489 687.3	10 008.8	6 660.3	7 482.5
Huajicori	223 538.3			
Ixtlán del Río	4 010.6	26 943.6	3530.5	14 781.9
Jala		38.6	941.7	49 344.4
La Yesca	6 824.3	147 103.3	185 904.5	91 569.4
Rosamorada	183 914.7			
Ruíz	52 016.5			
San Blas	110 328.9			
San Pedro Lagunillas	44 050.7	5 308.4	1 928.8	237.9
Santa María del Oro	2 275.8	8 484.5	11 295.3	86 998.3
Santiago Ixcuintla	172 747.4			
Tecuala	104 399.2			
Tepic	137 124.8	8 884	15 294.6	2 086.7
Tuxpan	31 367.6			
Xalisco	28 541.4	3 088.4	18 703.5	

García (2011), clasificó los requerimientos de HF para arándano en: bajo (<400), medio (400-600) y alto (>800), lo anterior corresponde a nuestro estudio al 8.3% y 19.1% de la superficie estatal del nivel bajo y medio respectivamente.

### Distribución espacial de la acumulación anual de horas frío

En la Figura 2 se observó cómo la región donde se acumulan menos de 300 HFA se distribuyen por toda la costa, los municipios desde Tepic hasta Huajicori al norte y en el sur, la región de San Pedro Lagunillas el sur de Ahuacatlán y Amatlán de Cañas. La región con condiciones óptimas se concentra en el centro y sur del estado, principalmente en los municipios de Santa María del Oro, Jala, norte de Ixtlán del Río y sur de La Yesca.

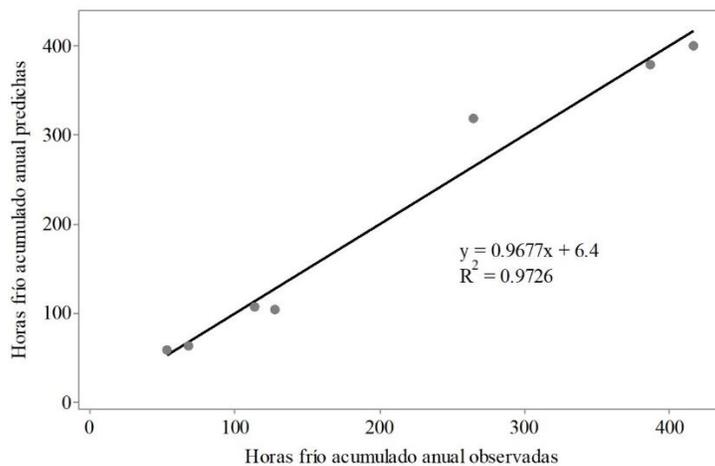
El sistema de información geográfica permitió la representación cartográfica de datos climáticos, así como cuantificar la superficie de las cuatro clases de acumulación anual de HF en Nayarit. Los resultados permitirán localizar puntualmente las zonas con mejores condiciones para el establecimiento de cultivos con requerimientos térmicos específicos, como las horas frío en arándano, similares investigaciones fueron reportadas por Bhatt *et al.* (2018); Gentilucci *et al.* (2019) para kiwi (*Actinidia deliciosa*) en India y uva para vino (*Vitis vinifera*) en Italia respectivamente. Por su parte, Paredes (2010) señala que el arándano se cultiva con éxito desde los 600 hasta 2 500 msnm lo cual concuerda con nuestros resultados en particular con las zonas con acumulación anual de horas frío >400 que se ubican en altitudes de 900 a 2 000 m.



**Figura 2. Distribución espacial de la acumulación anual de horas frío en Nayarit.**

### Validación del modelo de interpolación

En la Figura 3, se muestra el resultado de relacionar los datos generados por la interpolación del modelo IDW (predichos) con los observados. En 71.4% de los puntos de validación, la interpolación subestima (residuos menores a 25 horas frío), aun así, el ajuste del modelo con un coeficiente de correlación de 0.97 es muy bueno, solamente en dos puntos de validación la interpolación sobrestima con residuos desde 9.9 hasta 16.9%.

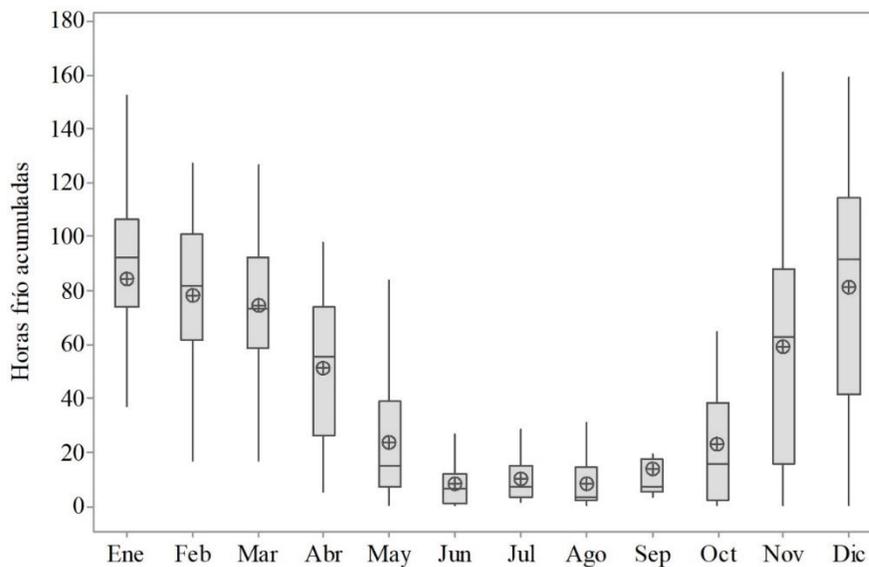


**Figura 3. Correlación entre los valores observados y predichos por la interpolación de las horas frío acumulados anuales.**

Los resultados contrastan con lo reportado por *Álzate-Velásquez et al. (2018)*, donde evaluaron el modelo de interpolación IDW con una  $R^2$  de 0.76, en este estudio el modelo de regresión reportó mejores resultados con 0.97 en  $R^2$ . Yang y colaboradores (2015) reportaron resultados similares a los del presente trabajo, al evaluar la precisión del mismo modelo interpolación ( $R^2$  de 0.94).

### Distribución mensual de las horas frío

En la región donde se acumula más de 300 HF por año, la mayor variación mensual se presenta en noviembre y diciembre (con valores medios  $>60$  HF), siendo los meses cuando se inicia el periodo de mayor acumulación de HF de noviembre a marzo. En este mismo periodo, 50% de los datos fluctúan entre 40 y 115 HF, lo que indica una alta variabilidad interanual en la región. La menor acumulación se presentó entre junio a septiembre (promedio  $>15$  HF), iniciando un descenso de HF en abril (50 HF promedio) hasta llegar a la menor acumulación en junio con 8.6 HF (Figura 4).



**Figura 4. Distribución mensual de horas frío para la región con más de 300 HFA.**

## Conclusiones

Por primera vez en Nayarit fue posible identificar y cuantificar la superficie con condiciones agroclimáticas óptimas para la producción de arándano. La cantidad de horas frío acumuladas anualmente permiten la producción de variedades comerciales de bajo requerimiento. Considerando la buena precisión del modelo de interpolación, las condiciones óptimas se encuentran en 27% de la superficie estatal (700 mil hectáreas) distribuidas en 11 municipios.

El periodo que acumula la mayor cantidad de horas frío en Nayarit es de noviembre a marzo. Estos resultados servirán para el diseño de una estrategia de reconversión productiva de suelos con baja productividad, nula aptitud agrícola o condición ociosa; para transitar hacia un cultivo de alto valor comercial que demanda mano de obra y de servicios asociados a la cadena de valor.

## Literatura citada

- Álzate, V. D. F.; Araujo, C. G. A.; Rojas, B. E. O.; Gómez, L. D. A. y Martínez, M. F. E. 2018. Interpolación Regnie para lluvia y temperatura en las regiones andina, caribe y pacífica de Colombia. *Colombia Forestal*. 21(1):102-118.
- Bhatt, C. K.; Nain, A. S.; Bhatt, M. K. and Paliwal, A. 2018. Site suitability analysis for kiwi fruit plantation in Uttarakhand using GIS. *IJCS*. 6(3):101-106.
- Cantuarias-Avilés, T.; Rodríguez-Da Silva, S; Bordignon-Medina, R.; García-Moraes A. F. e Freire-Alberti, M. 2014. Cultivo do mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no estado de São Paulo. *Rev. Brasileira de Fruticultura*. 36 (1): 139-144.
- Cesaraccio, C.; Spano, D.; Snyder, R. L. and Duce, P. 2004. Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agric. For. Meteorol.* 126(1-2):1-13.
- Cesaraccio, C.; Spano, D.; Snyder, R. L.; Duce, P. and Jones, H. G. 2006. Improvement of chilling and forcing model to predict bud-burst. *In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> Conference on Biometeorology and Aerobiology*. San Diego, CA. American Meteorological Society. 1-4 pp.
- Cruz, O. A. P. 2018. Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. *PORTES, Revista Mexicana de Estudios sobre la Cuenca del Pacífico*. 12(23):31-62.
- Darnell, R. L. and Davies, F. S. 1990. Chilling accumulation, budbreak, and fruit set of young rabbiteye blueberry plants. *HortSci*. 25(6):635-638.
- FAOSTAT. 2017. Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de Alimentos y Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#country/138>.
- FIRA. 2016. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario, Berries 2016. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200633/Panorama-Agroalimentario-Berries-2016.pdf>
- García, R. J. C. 2011. El cultivo del arándano en Asturias. *Tecnología agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA no. 9:13-20*. <https://ria.asturias.es/RIA/handle/123456789/1482>.
- Gentilucci, M.; Barbieri, M. and Burt, P. 2019. Climate and Territorial Suitability for the Vineyards Developed Using GIS Techniques. *In: exploring the nexus of geocology, geography, geoarcheology and geotourism: advances and applications for sustainable development in environmental sciences and agroforestry research*. Springer, Cham. 11-13 pp.
- González, C. 2013. Alternativas para el cultivo de arándanos. Oficina de estudios y política agraria (ODEPA). Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile. 6 p.
- Hernández, G. J. A. y Gutiérrez, P. H. 2013. Agenda de innovación tecnológica, Jalisco. 52 p.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario Estadístico y Geográfico de Nayarit 2017. Aguascalientes, Ags. 469 p.
- INTAGRI. 2017. Variedades comerciales de arándanos en el mundo. Serie frutillas núm. 15. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Mainland, C. 1985. Some problems with blueberry leafing, flowering and frutting in a warm climate. III International Symposium on Vaccinium Culture. *ISHS Acta Horticulturae*. 165:35-46.
- Norvell, D. J. and Moore, J. N. 1982. An evaluation of chilling models for estimating rest requirements of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107:54-56

- Paredes, J. I. de S. 2010. Los frutos del bosque o pequeños frutos en la cornisa cantábrica: el arándano. Gobierno de Cantabria. Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad. Cantabria, España. 151 p.
- Pérez, O. 2018. Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. Rev. Mexicana de Estudios sobre la Cuenca del Pacífico. 12(23):31-62.
- Retamales, J. and Hancock, J. F. 2012. Blueberries. Crop Production Science in Horticulture Series UK. Núm. 21. 323 p.
- Salgado, C.; Sánchez, P.; Volke, V. and Colinas, M. 2018. Respuesta agronómica de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) al estrés osmótico. Agrociencia. 52(2):231-239.
- SIAP. 2017. Atlas agroalimentario 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP-SAGARPA. México, DF. 236 p.
- Yang, J. S.; Wang, Y. Q. and August, P. V. 2015. Estimation of land surface temperature using spatial interpolation and satellite-derived surface emissivity. J. Environ. Informatics. 4(1):40-47.