

DEBILITAMIENTO DEL VÓRTICE POLAR. POSIBLES CAUSAS E IMPACTOS EN LA AGRICULTURA EN MÉXICO

Cecilia CONDE ÁLVAREZ¹, Rosalía VÁZQUEZ TORÍZ², Susana Edith RAPPO MIGUEZ², Sergio CORTÉS SÁNCHEZ², María de Jesús MESTIZA ROJAS², Yusif Salib NAVA ASSAD³

¹*Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México.*

²*Facultad de Economía. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.*

³*Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.*

conde@unam.mx, utor@email.com, rosaliavt@hotmail.com, susanarappo@hotmail.com, sercorsan@hotmail.com, madmero@gmail.com, yusif.nava@gmail.com

RESUMEN

Existe evidencia de que el aumento anómalo de la temperatura en el Ártico, aunado a la pérdida de la capa de hielo y las alteraciones de la corriente de chorro en el mismo Ártico, está provocando el debilitamiento del vórtice polar. Este debilitamiento provoca olas de frío inusual en latitudes medias. Para el caso de México, en los meses invernales de diciembre, enero y febrero se presentaron severas heladas, llamadas por sus efectos “negras”, que provocaron graves pérdidas agrícolas y aumento de precios, afectando particularmente las hortalizas que mujeres organizadas habían producido con técnicas biointensivas. Estas técnicas aumentan la cantidad y calidad de su producción, y por su relación amigable con el ambiente, pueden considerarse acciones de adaptación al cambio climático. Se concluye que además de las acciones de adaptación puntuales, es necesario incluir en las alertas tempranas el comportamiento del vórtice polar, pues estos eventos sorprenden a los productores agrícolas, impidiendo que apliquen técnicas que pueden prevenir y en su caso reducir sus impactos.

Palabras clave: Vórtice Polar, Calentamiento del Ártico, Heladas Negras, Agricultura Biointensiva, Impactos, Alertas Tempranas.

ABSTRACT

There is evidence that the anomalous temperature increase in the Arctic, in addition to the loss of the ice sheet and the alterations of the jet stream in the Arctic itself, is causing the weakening of the polar vortex. This weakening causes unusually cold waves in mid-latitudes. In the case of Mexico, in the winter months of December, January and February there were severe frosts, called by their effects "black frost", which caused serious agricultural losses and increased prices, particularly affecting the vegetables that organized women had produced with biointensive techniques. These techniques increase the quantity and quality of their production, and due to their friendly relationship with the environment, these actions could be considered as adaptation to climate change. It is concluded that in addition to the specific adaptation

actions, it is necessary to include polar vortex behavior in the early warnings systems, as these events surprise agricultural producers, preventing them from applying techniques that can prevent and, if possible, reduce their impacts.

Key words: Polar Vortex, Arctic Warming, Black Frost, Biointensive Agriculture, Impacts, Early Warning.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el invierno 2017 – 2018 se presentaron condiciones en el Ártico cuyos efectos fueron detectados tanto en Europa como en Norteamérica.

Existe fuerte evidencia del calentamiento de la superficie del Ártico, como se observa en los datos diarios analizados por el Instituto Danés de Meteorología (<http://ocean.dmi.dk/arctic/meant80n.uk.php>), para el área por encima del paralelo 80, que muestran para el invierno 2017 – 2018 anomalías por encima de los 20°C, con respecto a 1958-2002 (figura 1a). Además, se ha documentado la pérdida brutal de la capa de hielo ártico, acentuada en la última década, y hasta un 15% menos para 2018 (figura 1b; IPCC, 2013, Lang et al, 2017, <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>).

Considerando lo anterior, diversos estudios (i.e. Baek-Min et al, 2014), señalaron que un debilitamiento del vórtice polar estratosférico (i.e. figura 2), asociado a la pérdida de hielo marino del Ártico durante el invierno del hemisferio norte (noviembre – diciembre), podría explicar las severas bajas temperaturas en las regiones de latitudes medias continentales de ese Hemisferio, con fuertes impactos sociales y económicos en esas regiones, particularmente en los primeros meses del año. Incluso algunos autores señalaron que el severo invierno 2013/2014 en el Oeste Medio de los Estados Unidos bien pudo estar asociado a una tendencia al calentamiento global (Wolter et al, 2015).

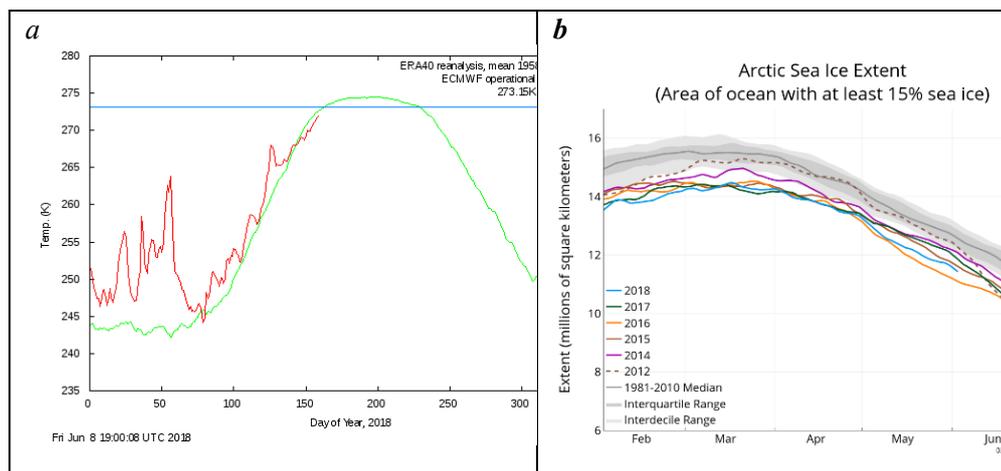
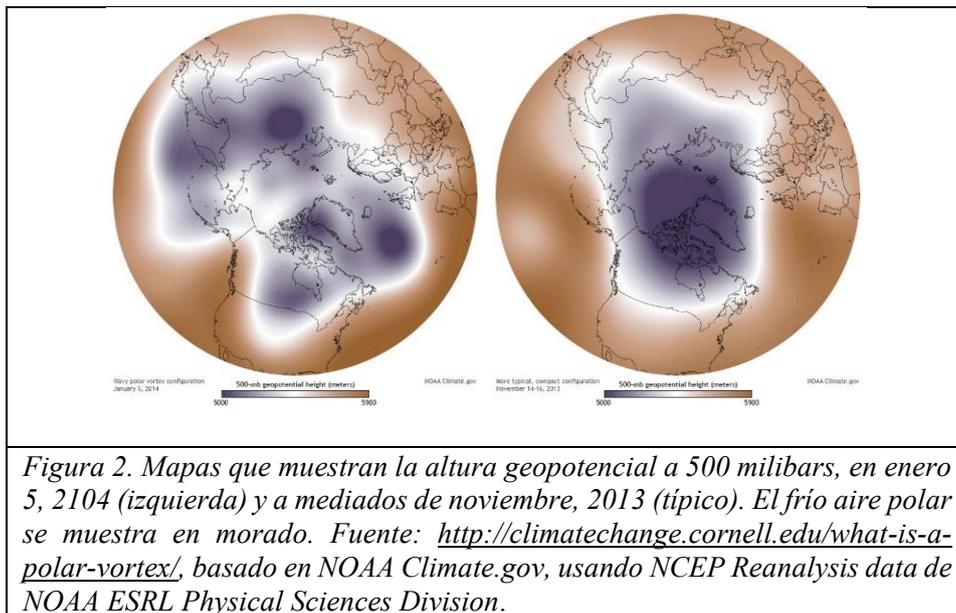


Figura 1. 1a) Temperatura media diaria y climatología al norte del paralelo 80 norte, como función del día del año. Fuente: <http://ocean.dmi.dk/arctic/meant80n.uk.php>. 1b) Disminución del área de cubierta de hielo en el Ártico. <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>

En estudios posteriores (Kretschmer, et al, 2017), refuerzan lo anterior, considerando que si bien el vórtice polar confina a las masas de aire congelante, su debilitamiento permite que esas masas puedan desplazarse provocando inviernos extremadamente fríos particularmente en Europa y Asia, pero también en Norteamérica. Los autores citados también apuntan a que el calentamiento del Ártico altera la circulación atmosférica, específicamente los cambios en la corriente de chorro (figura 2).



Estas variaciones pueden producir cambios abruptos en las condiciones meteorológicas, y, si bien las incertidumbres aún son grandes para atribuirlos a cambio climático, este calentamiento puede producir impactos negativos en las actividades productivas (<https://www.pik-potsdam.de/news/press-releases/winter-cold-extremes-linked-to-high-altitude-polar-vortex-weakening>).

Podemos concluir que el calentamiento del Ártico puede producir un enfriamiento continental, en Europa, Asia, y aún en Norteamérica, alcanzando incluso el territorio central de México.

2. EFECTOS EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO.

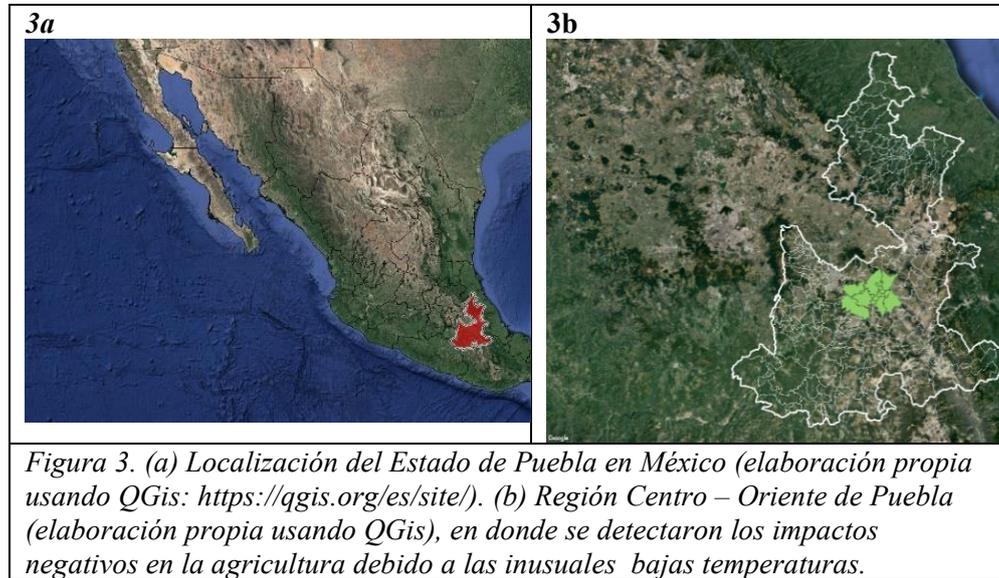
El estado de Puebla se encuentra ubicado al Sureste del Altiplano de la República Mexicana entre la Sierra Nevada y al Oeste de la Sierra Madre Oriental (<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/mediofisico.html>;

Figura 3a).

De acuerdo con los resultados del último Censo de Población y Vivienda, (INEGI, 2010), la población total del estado era de 5, 779, 829 habitantes. Para el 2015, el

Censo	de	Población
-------	----	-----------

(<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Pue/Poblacion/default.aspx?tema=ME>) registró que la población pasó a ser de 6, 168, 883.



La población se concentra en zonas urbanas (72%), y el resto es población rural. Ésta última se encuentra por arriba de la media nacional (22%). El PIB agropecuario, en 2016, fue de 4,15%, mientras que el del sector servicios correspondió al 60.8%, mientras que el sector industrial fue 35.2%. La producción agrícola se realiza en 82.41% en superficie de temporal y el resto en superficie de riego. Los cultivos tradicionales son maíz blanco, frijol, cebada y trigo (SAGARPA, 2011). En los últimos 5 años, se ha presentado un incremento de la producción de hortalizas tanto para el mercado interno como para la exportación hacia Estados Unidos de Norteamérica.

No obstante que en el estado de Puebla los sectores secundario y terciario son los que tienen el mayor porcentaje de aportación al Producto Interno Bruto Estatal, 35.2 y 60.8, respectivamente (INEGI, 2016), las actividades primarias son relevantes en la entidad al grado de que algunas de sus regiones son destacadas abastecedoras de alimentos y otros bienes agropecuarios a importantes centros urbanos del país. Es el caso de la Región Centro-Oriente (RCO; figura 3b), lugar donde se centrarán nuestras reflexiones sobre los impactos del debilitamiento del Vórtice Polar en la agricultura. Esta región está conformada por 13 Municipios: Mixtla, Tlanepantla, Cuatinchan, Tzicatlacoyan, Tecali de Herrera, Acatzingo, San Salvador Huixcolotla, Tepeaca, Cuapiaxtla, Tochtpec, Tecamachalco, Santo Tomás Hueyotlipan y Los Reyes de Juárez (figura 3b). Además de ubicarse relativamente cerca de la capital de la entidad, dispone de tierras apropiadas para el cultivo: planas, con riego y un clima templado subhúmedo, donde se generan los mejores rendimientos por unidad de superficie (ver tabla 1. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016). De las 48,914.2 cosechadas en el ciclo agrícola 2017 (cíclicos y perennes) en esa región, 48

por ciento correspondieron a tierras de temporal y 52 por ciento a tierras de riego. La mayoría de los cultivos de la región se generan el ciclo primavera-verano; sólo 7 por ciento de lo cosechado y 14 por ciento del valor de los cultivos cíclicos correspondió al ciclo otoño-invierno SIAP, (2017).

Una particularidad de la RCO (Rappo y Vázquez, 2006) es la coexistencia de formas de producción agroindustrial, orientadas principalmente a la producción de cultivos comerciales y donde se emplean paquetes tecnológicos derivados de la revolución verde, y formas de producción más campesinas dirigidas a la producción de bienes para el autoconsumo como el maíz. De esta manera, en la RCO los productores locales han sabido combinar la producción de granos y cereales con la producción de hortalizas, flores y forrajes haciendo uso de sus tierras ejidales y parcelas privadas, paquetes agroindustriales, tecnologías tradicionales, temporal y sistemas de pequeño riego (Ver Tabla 1).

Habría que señalar que en la RCO se concentra el 5 por ciento de la Unidades de Producción Rural (UPR) de la entidad poblana. Las 29,272 UPR de esta región poseen una superficie total de 108,389 hectáreas, que en un 63 por ciento son tierras de temporal y en un 76 por ciento se realizan actividades agropecuarias y forestales (INEGI, 2009).

Hay que destacar que el 61 por ciento de la tierra que poseen las UPR de la RCO es ejidal, superando los valores medios estatales, siguiéndole en importancia la propiedad privada con un 35 por ciento. En la región existen diferentes prácticas y acuerdos que a los productores locales les permite acceder o aumentar la superficie de tierra para el desarrollo de sus actividades agropecuarias: el 1.2% de la superficie tierra es rentada, el 3.4% de la superficie es a medias o en aparcería y el 0.8% de la superficie es prestada. (INEGI, 2009)

Tipo de Cultivo	Superficie Sembrada (Hectáreas)	Superficie Cosechada (Hectáreas)	Producción (Toneladas)	Rendimiento (Toneladas/Hectáreas)
Cereales y Granos	24,079.72	18,243.22	66,032.27	57.59
Leguminosas	4,629.60	3,542.60	5,076.86	76.75
Forrajes	7,455.23	7,392.23	471,756.48	1,450.19
Hortalizas	8,357.44	8,196.44	185,132.72	4,606.31
Flores	457.50	457.50	5,621.94	116.52
Frutas	4226.74	4226.74	73215.48	91.14
Aromáticas	87	87	939.33	103.33
Total	49,293.23	42,145.73	807,775.08	6,501.83

Tabla 1. Región Centro Oriente del estado de Puebla. Principales Cultivos. 2015 Fuente: Elaboración propia con datos de Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2015. SIAP (<http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>).

La región, al cosechar 20 mil 592 has de riego de cultivos cíclicos y estar ubicada en valles, produce la mayor parte de las hortalizas de la entidad, los que les reditúa mayores beneficios económicos. El ingreso promedio por hectárea cosechada en la entidad fue de 13 mil 825 pesos en 2016 para todos los cultivos cíclicos, mientras que en la región mencionada el ingreso promedio fue de 28 mil 521. Los municipios de la región que registraron los mejores ingresos fueron San Salvador Huixcolotla (65 mil 167 \$/ha), Los Reyes de Juárez (38 mil 427 \$/ha), Cuapixtla (35 mil 600 \$/ha), Tecamachalco (32 mil 316 \$/ha) y Tochtepec (29 mil 439 \$/ha).

En cuanto a las condiciones anómalas que se presentaron durante el invierno 2017 – 2018, El Servicio Meteorológico Nacional, en sus reportes mensuales destaca que desde noviembre y diciembre 2017, a enero a febrero 2018 (y en menor medida, en marzo, 2018), las temperaturas máximas, medias y mínimas se encontraron muy por debajo de su valor climatológico (promedio 1971 -2000).

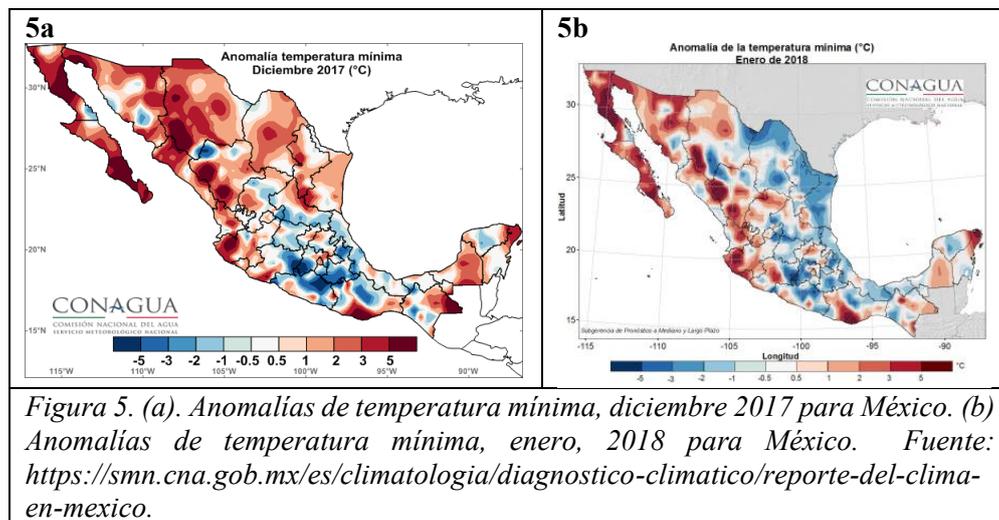
(<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>), particularmente en diciembre 2017, enero 2018 (figuras 4a y 4b) y febrero, 2018. En sus reportes mensuales, el servicio meteorológico nacional, señala que durante diciembre 2017, “la temperatura mínima alcanzó el umbral de la media menos dos desviaciones estándar entre los días 9 y 10 de diciembre” (CONAGUA, 2017). Entre otros estados, Puebla alcanzó anomalías de temperaturas hasta de -5°C (figura 5a).

Para enero, 2018, (CONAGUA, 2018a) el estado de Puebla registró su cuarto enero más fresco, comparado con el periodo 1981 – 2010. Para febrero, 2018 (CONAGUA, 2018b), si bien se debilitó en general el enfriamiento de los meses anteriores, las anomalías negativas continuaron para el estado de Puebla.

3. EFECTOS EN LA AGRICULTURA REGIONAL.

Las heladas durante diciembre 2017 (particularmente los días 5 a 7) y de enero, 2018 (durante los días del 9 -10; y del 15 – 16) son denominadas por los agricultores y agricultoras como “heladas negras”, dado que sus cultivos quedan prácticamente quemados, produciendo una pérdida total. Las heladas negras se producen cuando existe muy baja concentración de vapor de agua en el aire, y la temperatura alcanza valores cercanos a los 0°C. En esas condiciones la savia de las plantas se congela y son afectados sus tejidos, ya que aumentan su volumen por lo que se revientan y se “quemán” (CENAPRED, 2001a, CENAPREDb).

Los agricultores y agricultoras de San Pablo Actipan (municipio de Tepeaca, en la RCO), informaron (3 de diciembre, 2017) a los investigadores involucrados en este estudio que “hacía más de 20 años que no se presenta una helada negra”. Después de ocurrir heladas negras, otros productores y productoras de San Buenaventura Tetlananca, también informaron que fueron severamente afectados en sus productos de traspatio y comerciables, afirmaron que “desde hacía 25 años” que no habían sufrido los efectos de heladas negras. Éstos últimos productores y productoras, del municipio de Tecali de Herrera, y los de San Simón Coatepec, del municipio de Mixtla (ambos en la RCO) habían participado en el proyecto *Productos Verdes para el Empoderamiento de Mujeres en Comunidades Rurales de Puebla y Tlaxcala*, (2015-



El mismo subdelegado informó que las mayores afectaciones se dieron en los cultivos de hortalizas, como son nopal, tuna, brócoli, cebollín, aguacate, maíz, sorgo, jícama, frijol y jitomate, en parte de la Sierra Nororiental, además de municipios en el centro – oriente del estado (región de estudio de este trabajo).

Los precios al mayoreo de las hortalizas en la Central Abasto de Puebla se incrementaron dos veces durante el mes de diciembre de 2017, argumentando merma en su producción por las heladas. Así, el día 5, el elote aumentó 140 por ciento; el

tomate rojo de bola, 88 por ciento; el ejote, 53 por ciento; la zanahoria, 48 por ciento; el nopal, 45 por ciento, y la calabacita italiana, 17 por ciento; el 13 de diciembre volvió a subir el precio del tomate rojo de bola (67 por ciento), la calabacita italiana (10 por ciento) y el nopal (45 por ciento). Cabe hacer notar que hay una mayor demanda de hortalizas por las festividades decembrinas que inician el día de la virgen de Guadalupe (12 diciembre), continúa con las posadas (16-24), navidad y año nuevo.

En enero de 2018 dos frentes fríos (Nos. 21 y 22) afectaron los cultivos cíclicos y perennes de la entidad, la temperatura bajó a -4 grados Celsius en la zonas altas (Sierra Norte y Sierra Nororiental) y a 3 grados Celsius en los valles que abastecen la ciudad de Puebla. Los municipios que registraron pérdidas parciales o totales por las heladas fueron Atzizintla, Aljojuca, Cañada Morelos, Esperanza, Chalchicomula, Teziutlán, Tlatlauquitepec, San José Chiapa, San Buenaventura Nealtican, San José Tecuanipan, San Nicolás Buenos Aires, Acajete, Amoozoc, Tecali y Tepeaca. Los productos afectados fueron frutales, forrajes y hortalizas (cilantro, chícharo, brócoli, lechuga, rábano y zanahoria). La SAGARPA estimó en mil 184 Has las dañadas por las heladas. (Gutiérrez – Rodríguez, 2018; Mundo, 2018). El 23 de enero, se registraron nuevos aumentos al precio de mayoreo en la Central de Abasto de Puebla: 25 por ciento en el ejote y 13 por ciento en la zanahoria (SIIM, 2018).

Cabe señalar que las mismas pérdidas se pueden documentar para las Centrales de Abasto de la Ciudad de México (Iztapalapa) y Morelos (Cuautla). (SIIM. 2018).

A principios de febrero una inusitada helada negra malogró hortalizas y forrajes en la localidad de San Buenaventura Tetlananca del municipio de Tecali de Herrera; a mediados de ese mes, el Frente Frío No. 28 afectó a frutales y cafetos de la Sierra Norte y Nororiental de Puebla.

El gobierno de Puebla, a través de la Secretaría de Desarrollo Rural, Sustentabilidad y Ordenamiento Territorial, cuenta con un seguro para cubrir las pérdidas ocurridas en superficies cultivables en el estado. Es sabido que los seguros agrícolas son un mecanismo de transferencia de riesgo, y son considerados como una estrategia de adaptación ante eventos climáticos extremos. A la fecha, no se tienen aún informes de su ejercicio ni del número de beneficiarios del mismo ante los eventos descritos.

Otros eventos que se presentaron, ya en marzo, 2018 (CONAGUA, 2018c), fueron las fuertes e inesperadas granizadas que también afectaron a los cultivos regionales. En marzo (22) abril (27) y mayo (29), fuertes granizadas caen sobre 922 Has de los municipios de Tepeaca, Tecamachalco, Tecali, Quecholac y Tlachichuca (*El Sol de Puebla*, 22/03/2018 y 27/04/2018; *Reforma* 27/05/2018). Lo inédito no fueron la presencia de granizadas, sino sus características: los granizos no sólo aumentaron en diámetro y peso, sino en intensidad, situación que los productores dicen que desde hace muchos lustros no se veían en sus campos de labranzas.

Si bien no podemos asociarlas directamente al debilitamiento del vórtice polar, aparentemente la entrada de aire frío y el inicio de aire húmedo de los océanos propiciaron esos eventos.

Los mismos productores y productoras entrevistados nos informaron que nunca se habían presentado tan severas granizadas, (por ejemplo, marzo 21, 2018; figura 8). El Sr. Concepción Colotla Gonzaga (Don Concho), por ejemplo, quien al ver las dimensiones y afectaciones de la granizada, nos escribió: “*las concesiones a las mineras canadienses están acabando con el medio ambiente, .. miles de hectáreas de*

cerros y montes dados para destruirlos, ... **una granizada que nunca había visto...** nosotros los seres humanos debemos cuidar a la Madre Tierra..”

Estos eventos, son llamados por algunos investigadores como “bombas de precipitación”, porque sus impactos son rápidos y muy severos, aunque el término aún está en discusión (Harris y Lanfranco, 2017).

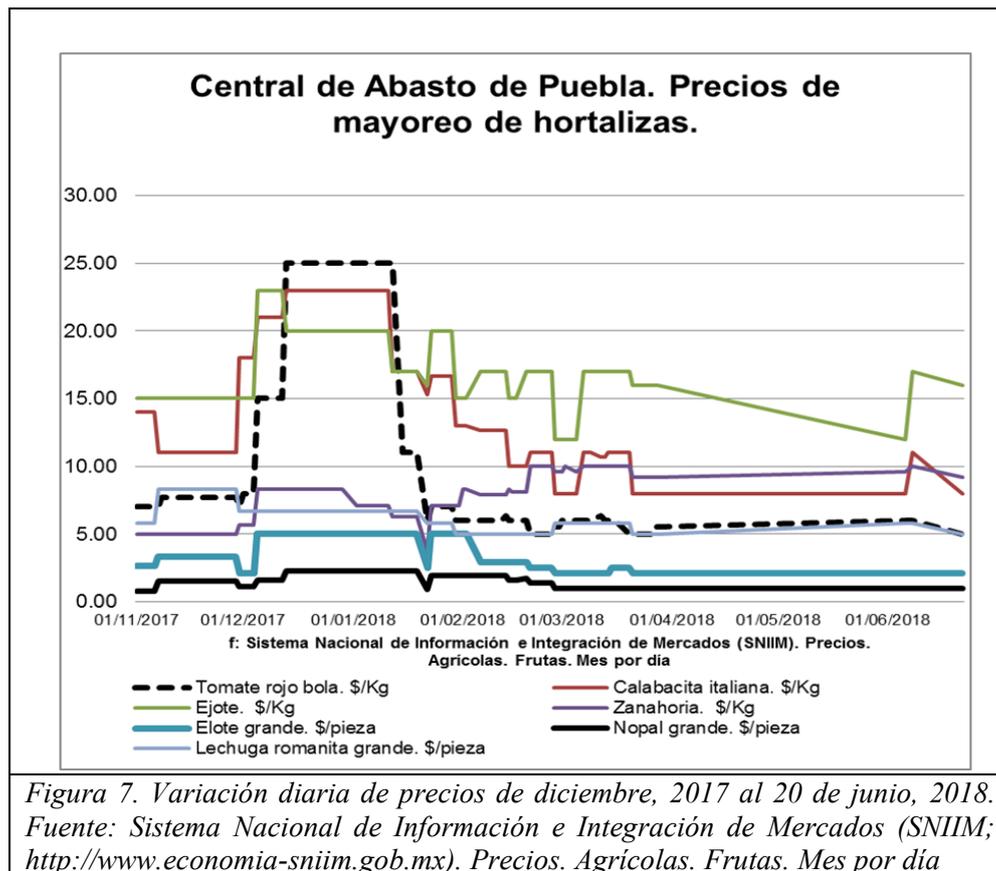


Figura 7. Variación diaria de precios de diciembre, 2017 al 20 de junio, 2018. Fuente: Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM; <http://www.economia-sniim.gob.mx>). Precios. Agrícolas. Frutas. Mes por día

4. LAS ACCIONES LOCALES DE ADAPTACIÓN

Como ya se mencionó, se desarrolló recientemente un proyecto que consideramos que cumple con las características que pueden propiciar la adaptación al cambio climático: *Productos Verdes para el Empoderamiento de Mujeres en Comunidades Rurales de Puebla y Tlaxcala, (2015-2017)*. Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo. *Inmujeres* – CONACYT (No. 196660).

Los resultados del proyecto muestran que es posible incrementar la producción aplicando técnicas amigables con el ambiente, mediante el uso de los residuos orgánicos que se constituyen en fuentes apropiadas de fertilizantes, y fuentes de energía a nivel de hogar. También en ese proyecto se realizaron labores de construcción de terrazas, para la conservación de suelos, así como cisternas para

captura de agua de lluvia, tan necesaria para riego y para los hogares. Asimismo, se construyeron estufas ahorradoras de leña, lo que tiene un efecto directo en la reducción de emisiones, pero también impactos positivos en la salud de las mujeres y en la conservación de especies arbóreas.

Las mujeres involucradas adquirieron las capacidades para construir los sistemas antes descritos, cuyos resultados quedaron plasmados en un Manual (BUAP, IPN, 2017).



Figura 8. Granizada 21 de marzo, 2018. Imagen del video enviado por el Sr. Concepción Colotla Gonzaga (Don Concho), del municipio de Tepeaca, comunidad de San Pablo, quien al ver las dimensiones y afectaciones de la granizada, nos escribió: “una granizada que nunca había visto,.. nosotros los seres humanos debemos cuidar a la madre tierra..”

La interacción entre las investigadoras del Centro en Biotecnología Aplicada (IPN), y del Centro de Estudios del Desarrollo Económico y Social (BUAP) con las productoras de Puebla, muestra que es posible construir conocimientos y prácticas novedosas en apoyo tanto de la investigación aplicada como de la producción agrícola. Existen ya ejemplos de que este tipo de colaboraciones son productivas (CGIAR, 2018).

Dada la terminación de ese proyecto (enero, 2018), queda aún la tarea de multiplicar las prácticas entre otros productores de las comunidades involucradas. También existe el reto de alinearlas con las políticas regionales y nacionales, así como con los compromisos internacionales que existen en México (Gobierno de la República. México, 2015) y sean vistas como contribución a las posibles soluciones agroecológicas que se están impulsando en el país.

4. DISCUSIÓN

Los eventos climáticos extremos como el descrito son raros y sorprendidos para los productores en la región de estudio. Consideramos que es pertinente preguntarse si las acciones de adaptación, que introdujeron cambios en las prácticas y procesos agrícolas (como fue el tránsito a prácticas biointensivas), pueden considerarse únicamente en el contexto locales, dados los eventos extremos globales que se están presentando.

Consideramos que debe de incluirse en las alertas agrícolas los cambios observados, no sólo locales, sino también a escala global, como es el calentamiento y la pérdida de hielo en el Ártico, así como las condiciones de calentamiento por encima de lo normal tanto de los océanos y territorio circundante a la región agrícola bajo estudio. Esto permitiría a los productores agrícolas regionales preparar acciones de posible mitigación de los impactos ya observados, utilizando riego, calentadores o cubiertas en sus cultivos más preciados.

Si bien existen fuertes incertidumbres asociadas a la explicación de eventos extremos, su mayor ocurrencia en el contexto de cambio climático se está documentando (IPCC; 2013, IPCC, 2012), la severidad de las heladas inesperadas requeriría ir dando seguimiento y analizando las tendencias en eventos climáticos extremos a nivel regional, incluyendo en este análisis a los posibles afectados, a las instituciones encargadas de emitir las alertas tempranas, y a las encargadas de aplicar los seguros por pérdidas agrícolas.

Como ocurre en muchos países en vías de desarrollo, la carencia de datos tanto meteorológicos como de producción agrícola, así como de recursos financieros y humanos, constituyen una seria barrera para la aplicación de acciones de adaptación más integrada.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los productores de San Simón Coatepec, San Pablo Actipan y San Buenaventura Tetlananca, por la información proporcionada para la realización de este estudio. Especialmente queremos agradecer al Sr. Concepción Colotla Gonzaga (Don Concho), a la Sra. Jaqueline Sánchez Dolores y al Sr. Pascual García Aguilar, por su gran interés en asuntos de variabilidad y cambio climáticos.

REFERENCIAS

- Baek-Min Kim , Seok-Woo Son, Seung-Ki Min, Jee-Hoon Jeong, Seong-Joong Kim , Xiangdong Zhang, Taehyoun Shim & Jin-Ho Yoon. (2014). “Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss”, *Nature Communications* 5, 4646 (2014). [consultado 1/6/2018 <https://www.nature.com/articles/ncomms5646.pdf>]
- BUAP, IPN. (2017). De Mujer a Mujer. De Mujer a Mujer. Manual de Capacitación en Tecnologías Apropiadas para la Obtención de Productos Verdes. San Simón Tetlananca, Pue., San Simón Coatepec, Pue., Tlaltepango, Tlaxcala. Responsables: Maria Myrna Solís Oba, Rosalía Vázquez Toris (publicación interna).

- CENAPRED. (2001^a). Heladas. Serie de Fascículos. Centro de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. México. 39 pp. <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/heladas.pdf>
- CENAPRED. (2001^b). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos en México. Centro de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. 232 pp. <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieEspecial/diagnostico.pdf>
- GCIAR, (2018). Woman to woman: Women scientists share how their work is helping women and girls succeed in agriculture ccafs.cgiar.org/blog/woman-woman-women-scientists-share-how-their-work-helping-women-and-girls-succeed-agriculture
- CONAGUA. (2017). Reporte del Clima en México Diciembre 2017. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Año 7, Número 12. 32 pp. [<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>].
- CONAGUA. (2018a). Reporte del Clima en México Enero 2018. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Año 8, Número 1. 31 pp. [<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>].
- CONAGUA. (2018b). Reporte del Clima en México Febrero 2018. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Año 8, Número 2. 29 pp. [<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>].
- CONAGUA. (2018c). Reporte del Clima en México Marzo 2018. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Año 8, Número 1. 28 pp. [<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>].
- Gobierno de la República. México. (2015). Intended Nationally Determined Contribution. 10 pp. [<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Mexico%20First/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>].
- Gutiérrez Rodríguez, Patricia. 2018. Heladas registradas en los últimos días dañan más de mil hectáreas de cultivos en Puebla, dio a conocer Sagarpa. La Jornada de Oriente 19/01/2018. año 28 Num 5735. Puebla Sociedad y Justicia. pag. 9
- Harris A. J. L., M. Lanfranco. (2017). Cloudburst, weather bomb or water bomb? A review of terminology for extreme rain events and the media effect. *Weather* 72(6): 155-163. <https://doi.org/10.1002/wea.2923>.
- INEGI (2009). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. México.
- IPCC, (2012). Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J.

- Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Ignor, and P.M. Midgley (eds.). A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.
- IPCC, (2013) Summary for Policymakers. In: Climate Change (2013). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 38pp. [<http://www.ipcc.ch/>].
- Kretschmer, M., Coumou, D., Agel, L., Barlow, M., Tziperman, E., Cohen, J. (2017). More frequent weak stratospheric polar vortex states linked to cold extremes. *Bulletin of the American Meteorological Society*. [DOI: 10.1175/BAMS-D-16-0259.1].
- Lang, A., S. Yang, and E. Kaas (2017). Sea ice thickness and recent Arctic warming, *Geophys. Res. Lett.*, 44,409–418, doi: 10.1002/2016GL071274.
- Mena, M. (2017). Heladas dejan pérdidas económicas por 51 mdp en Puebla. Periódico *El Sol de Puebla*. Local. Jueves 21 de Diciembre de 2017. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/heladas-dejan-perdidas-economicas-por-51-mdp-en-puebla-851083.html>.
- Mundo, Guillermo. 2018. Llega Los Humeros a -4°C con aguanieve. *El Sol de Puebla*. 15 enero <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/llega-los-humeros-a-4c-con-aguanieve-871072.html>
- Rappo, S y Vázquez, R. (2006). La construcción del desarrollo sustentable en la región centro-oriente de Puebla. Ed. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Colección Pensamiento Económico.
- SAGARPA. 2011. Secretaría de Fomento a los Agronegocios. Indicadores. Puebla. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/monitor%20estados/Puebla.pdf>.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2016). Cierre de la Producción. 2016. [recuperado 13/06/18, <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>].
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). (2018). Precios. Agrícolas. Frutas. Mes por día recuperado 19/06/18, <http://www.economia-sniim.gob.mx>].
- SIAP. (2017). Acciones y Programas. Cierre de la Producción agrícola. Anuario Estadístico de la producción agrícola. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Wolter, K. M. Hoerling, J. K. Eischeid, G. J. van Oldenborgh, X.-W. Quan, J. E. Walsh, T. N. Chase, R. M. Dole. (2015). How Unusual was the Cold Winter of 2013/14 in the Upper Midwest? En: Explaining Extreme Events of 2014 From a Climate Perspective. *Special Supplement to the Bulletin of the Am. Meteor. Soc.* 96(12): S10-S14.