



Manejo del cultivo de papa utilizando grados días: bases y aplicaciones prácticas para fenología, riego, fertilización, plagas y enfermedades



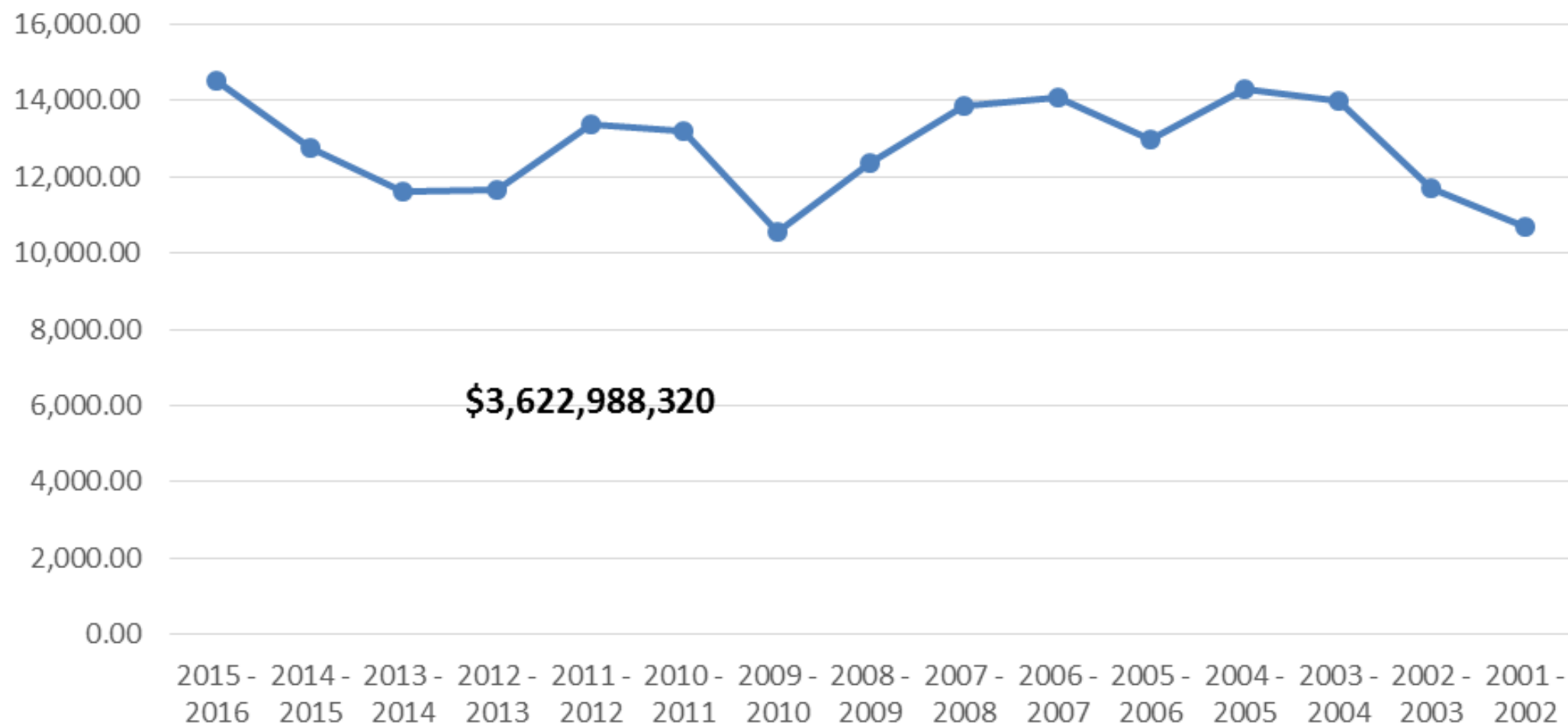
M.C. Ernesto Sifuentes Ibarra
Investigador de INIFAP - Campo Experimental "Valle del Fuerte"
Sinaloa, México.

Marzo de 2020

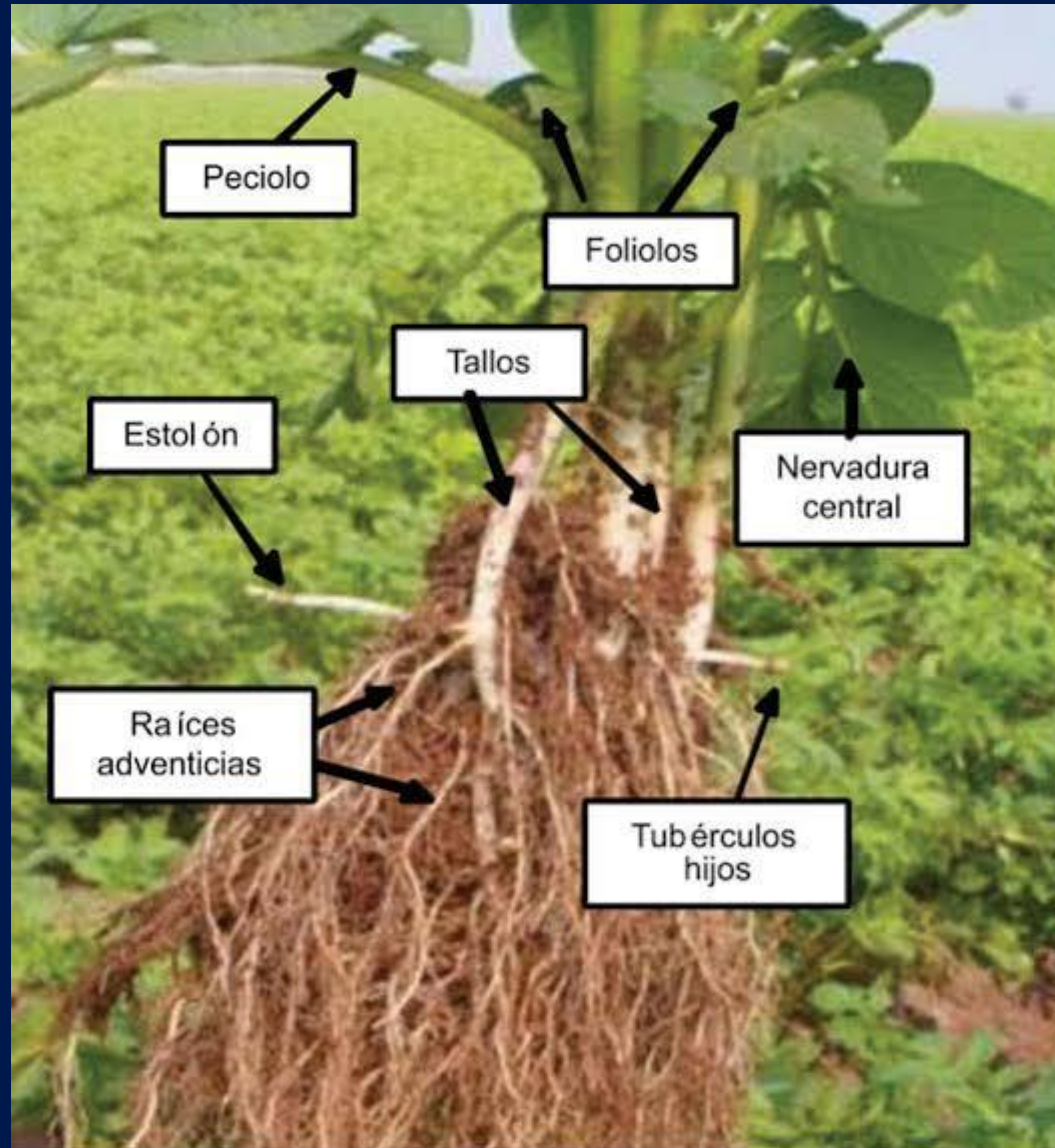
CONTENIDO

1. Partes de la planta de papa relacionadas con la fenología
2. Importancia del concepto grados-día (tiempo térmico) en la predicción fenológica
3. Desarrollo del cultivo en función de tiempo térmico
4. Aplicación de GDD en la programación de riegos
5. Aplicación de GDDA en la nutrición del cultivo
6. Aplicación de GDD en el control de plagas
7. Aplicación de GDDA en el control de enfermedades

Superficie Sembrada histórica de papa en Sinaloa(Ha)

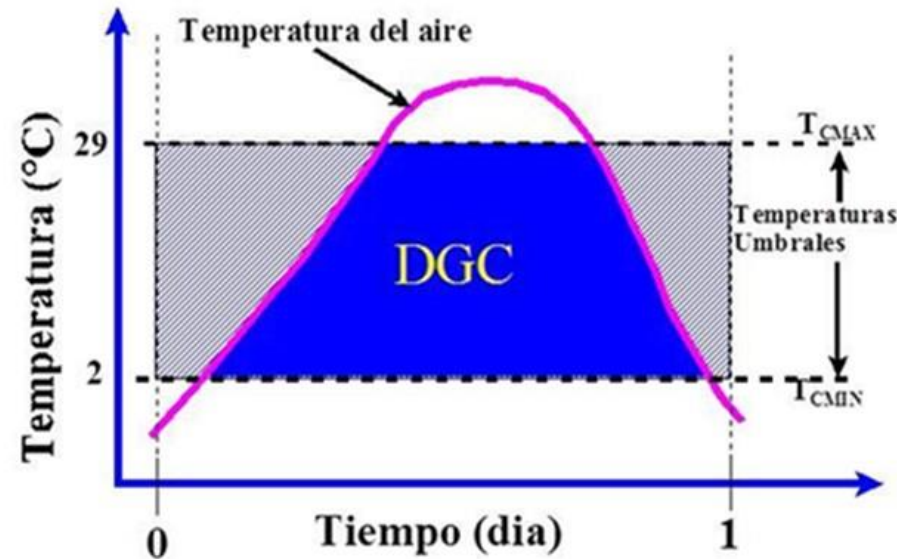


Partes principales de una planta de papa relacionadas con la fenología



Tiempo térmico

- La fenología de los cultivos es quizá el factor biológico más importante en la calendarización de los riegos.
- Es común definir las etapas en días calendario, este concepto adolece de precisión al cambiar las condiciones climáticas de las existentes cuando fueron definidas.
- Ciclos más fríos retardarán el desarrollo fenológico, mientras que ciclos más calientes los aceleran



$$^{\circ}D = T_a - T_{c-min}, \quad T_a < T_{c-max}$$

$$^{\circ}D = T_{c-max} - T_{c-min}, \quad T_a \geq T_{c-max}$$

$$^{\circ}D = 0, \quad T_a \leq T_{c-min}$$

Fenología de la papa variedad Alpha en el Valle del Fuerte, Sinaloa. 2008.

INIFAP-CIRNO-CEVAF.

Etapa	Clave	DGC _{acum}	DGC _{acum}	Días
Brotación	B	319.15	344.	13
Emergencia	E	185.26	529.	21
Inicio de estolonización	le	374.46	903.	38
Elongación de estolones	Ee	128.51	1032	43
Inicio de tuberización (diám: > 1 cm)	lt	155.94	1188	51
Desarrollo de tubérculos (diám: 3 – 5 cm)	Dt	263.81	1452	66
Tubérculos desarrollados (diám: > 5 cm)	Td	204.62	1656	79
Desvare (cáscara completa), diám: 7 cm	D	179.08	1835	92
Cosecha	C	422.57	2258	120

Grados-día acumulados (GDCacum) para diferentes estados de desarrollo de seis variedades de papa, sembradas el 01/10/2007, en el Valle del Fuerte. INIFAP-CIRNO-CEVAF.

Etapa fenológica	Variedades					
	Alpha	César	Fiana	Gigant	Mundial	Vivaldi
Inicio de estolonización	947	944	1,017	1,170	928	1,170
Elongación de estolones	1,170	1,057	1,170	1,277	1,170	1,262
Inicia de tuberización	1,354	1,170	1,323	1,385	1,323	1,354
Desarrollo de tubérculos	1,538	1,354	1,476	1490	1,476	1,446
Tubérculos desarrollados	1,622	1,538	1,553	1,599	1,553	1,538
Desvare	1,952	1,952	1,952	1,952	1,952	1,952
Cosecha	2,355	2,355	2,355	2,355	2,355	2,355



Siembra



Emergencia



Elongación de estolones



Inicio de tubericación
(diám > 1 cm)



Desarrollo tubérculos
(diám: 3 – 5 cm)



Tubérculos desarrollados
(diám: > 5 cm)

Fenología



Desvare o quema

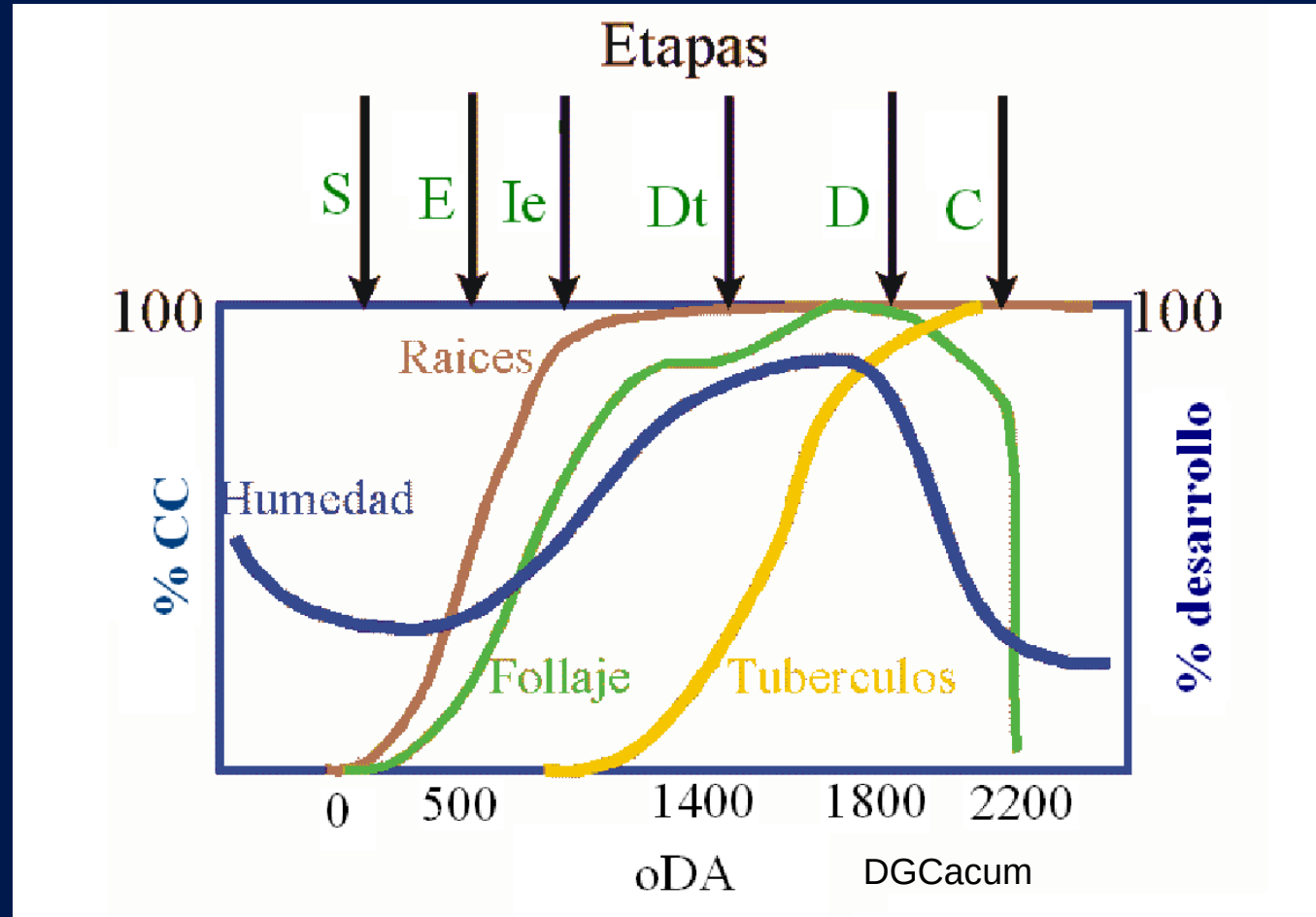


Cosecha



Cosecha

Desarrollo de raíces, follaje, y tubérculos de papa por etapa en función de DGCacum



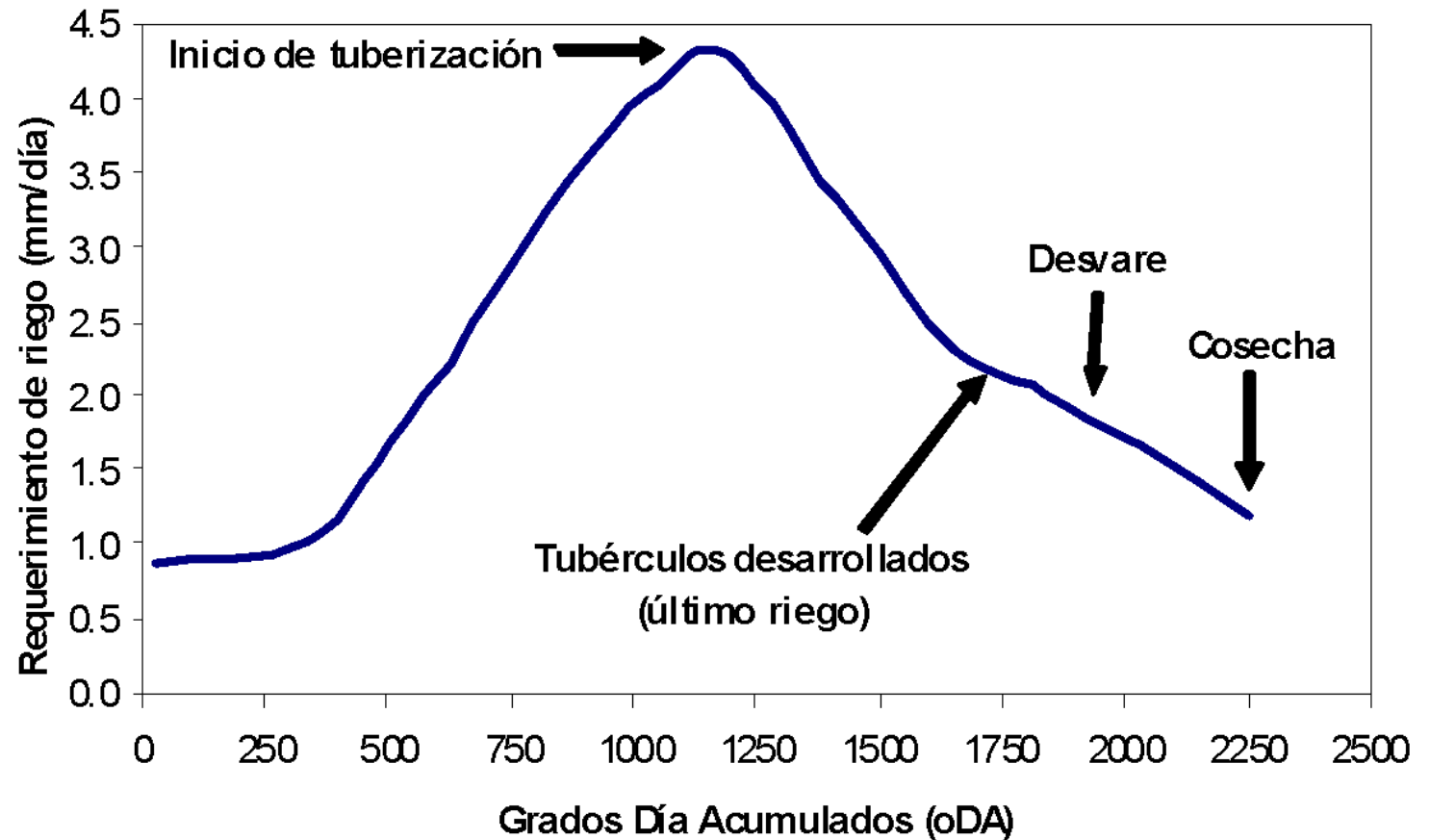
Días para alcanzar varios valores de DGCacum en papa variedad Alpha para diferentes fechas de siembra, en el Valle del Fuerte Sinaloa. INIFAP-CIRNO-CEVAF.



GDDA	Fecha de Siembra								
	01 Oct.	10 Oct.	20 Oct.	30 Oct.	10 Nov.	20 Nov.	30 Nov.	10 Dic.	20 Dic.
	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días
800	33	35	38	42	47	50	53	54	54
900	37	40	43	48	53	57	60	61	60
950	40	42	46	51	57	60	63	64	63
1000	42	45	49	55	60	64	66	67	66
1100	47	50	56	62	66	70	73	73	72
1150	49	53	59	65	70	74	76	76	75
1500	69	76	83	89	93	96	97	97	96
1600	76	83	90	95	100	102	103	103	101
1700	82	90	97	102	106	108	109	109	107
1750	86	93	100	105	109	110	112	111	109
1800	90	96	103	108	102	113	115	114	112
1850	93	100	106	111	115	117	117	116	114
1900	96	103	110	114	118	120	120	119	117
2000	103	110	116	121	124	126	126	124	122

Aplicación: programación del riego

Requerimientos de riego diarios para una variedad típica del Valle del Fuerte y su relación con la fenología para el Valle del Fuerte, Sinaloa.





Clima

Consulta

☐ Consultar
 ☐ Exportar a excel
 ☐ Enviar por correo

☐ Fecha
 ☐ Grados día
 ☐ Eto
 ☐ Grados día acumulados
 ☐ Temperatura
 ☐ Etapa Fenológica

Columnas

Fecha inicial	24/11/2018	Fecha	Eto (mm/día)	Temperatura: °D	Σ °D	Etapa Fenológica
Fecha final	29/02/2020	10/02/2019	1.3	17.8	15.8	1253.9 INICIO DE TUBERIZACION
Temp. umbral mínima (°C)	2.00	11/02/2019	1.5	17.8	15.8	1269.7 INICIO DE TUBERIZACION
Temp. umbral máxima (°C)	29.00	12/02/2019	3.1	17.7	15.7	1285.4 INICIO DE TUBERIZACION
		13/02/2019	3.6	18.4	16.4	1301.8 INICIO DE TUBERIZACION
		14/02/2019	3.8	18	16	1317.8 DESARROLLO DE TUBER
		15/02/2019	4.6	20.8	18.8	1336.6 DESARROLLO DE TUBER
		16/02/2019	4.7	21.1	19.1	1355.7 DESARROLLO DE TUBER
		17/02/2019	4.4	17.3	15.3	1371 DESARROLLO DE TUBER
		18/02/2019	3.8	15.7	13.7	1384.7 DESARROLLO DE TUBER
		19/02/2019	3.9	15.1	13.1	1397.8 DESARROLLO DE TUBER
		20/02/2019	2.5	13.5	11.5	1409.3 DESARROLLO DE TUBER
		21/02/2019	3.7	14.7	12.7	1422 DESARROLLO DE TUBER
		22/02/2019	3.8	16.1	14.1	1436.1 DESARROLLO DE TUBER
		23/02/2019	4.1	15.3	13.3	1449.4 DESARROLLO DE TUBER
		24/02/2019	3.7	15.4	13.4	1462.8 DESARROLLO DE TUBER
		25/02/2019	4.1	16.1	14.1	1476.9 DESARROLLO DE TUBER

IrriModel 2019.6.2.0

Parcelas

Datos

Listado Datos

Nombre	PAPA	Superficie total (ha)	10.00	Ubicación	BATEQUIS	Estado	SINALOA	Estación	C.E. VALLE DEL FUERTE	Pluviómetro	HA (cm³/cm³)	0.14
Siembra	F. de siembra	Superficie (ha)	Gasto	Humedad	Ciclo	Rendimiento	Cosechada					
PAPA	24/11/2018	10.00	80.00	100.00	2018-2019 OTOÑO-INVERNO	40.00	☐					
Inicio	Horas	Q (ps)	Superficie (l)	Vol (m³)	Ln (cm)	Lb (cm)	EA (%)	Notas				
24/12/2018	13.56	80.00	10.00	3,904.23	3.40	3.90	87.00					
09/01/2019	16.00	80.00	10.00	4,607.37	4.01	4.61	87.00					
22/01/2019	16.62	80.00	10.00	4,786.66	4.16	4.79	87.00					
02/02/2019	17.25	80.00	10.00	4,968.83	4.32	4.97	87.00					
15/02/2019	18.04	80.00	10.00	5,196.78	4.52	5.20	87.00					
27/02/2019	19.35	80.00	10.00	5,573.01	4.85	5.57	87.00					
21/03/2019	22.15	80.00	10.00	6,379.82	5.55	6.38	87.00					

Fecha estimada de cosecha: 28/03/2019

OK

Programa de riegos relacionado con la fenología en papa bajo riego por gravedad (siembra: 1/10, suelo franco-arcilloso. Valle del Fuerte, Sin.). INIFAP-CIRNO-CEVAF.

No. de riego	Fecha de riego	Días después de la siembra	Intervalo de riego (días)	Lámina neta (cm)	DGCacum	Etapas fenológicas
1	16/09	-15	0	10.2	---	Pre-siembra
2	30/10	29	44	5.1	709.6	Inicio estolonización
3	12/11	42	13	5.4	988.3	Elongación estolones
4	26/11	56	14	5.5	1252.7	Inicio de tuberización
5	17/12	77	21	5.9	1588.8	Tubérculos desarrollados
TOTAL		77	0-44	32.1	1588.8	

Aplicación: Nutrición

Concentraciones nutrimentales en hojas de papa variedad Alpha para dos estados nutricionales y tres etapas fenológicas. INIFAP-CIRNO-CEVAF

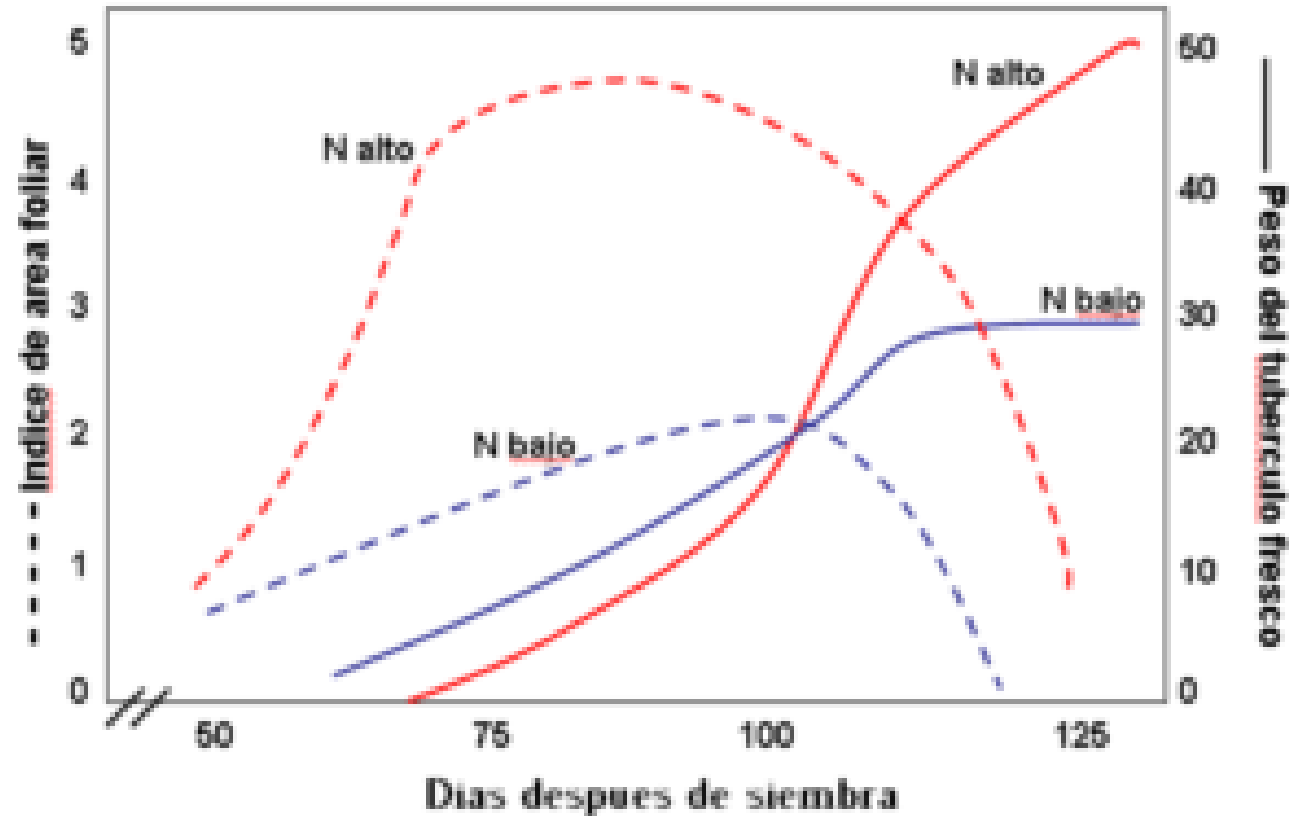
Elemento	Desarrollo inicial		Inicio de tuberización		Desarrollo de tubérculo	
	deficiente	adecuado	deficiente	adecuado	deficiente	adecuado
Nitrógeno (%)	-	4.5 - 6.0	< 3.5	4.0 - 5.5	< 3.0	3.0 - 4.5
Fósforo (%)	< 0.25	0.25 - 0.50	< 0.20	0.20 - 0.50	< 0.20	0.20 - 0.40
Potasio (%)	-	4.5 - 6.0	< 3.5	4.5 - 6.0	< 3.0	4.0 - 6.0
Calcio (%)	< 0.65	0.76 - 2.00	< 0.60	0.76 - 2.00	< 1.15	1.5 - 2.5
Magnesio (%)	< 0.30	0.40 - 1.00	< 0.25	0.25 - 0.60	< 0.25	0.25 - 0.60
Azufre (%)	< 0.25	0.25 - 0.50	< 0.20	0.2 - 0.5	< 0.20	0.2 - 0.5
Cobre (ppm)	< 5	7 - 20	< 5	7 - 20	< 5	7 - 20
Fierro (ppm)	< 40	50 - 150	< 30	40 - 150	< 30	40 - 150
Manganeso (ppm)	< 20	30 - 150	< 20	30 - 150	< 20	30 - 250
Zinc (%)	< 30	45 - 250	< 30	30 - 200	< 20	30 - 200
Boro (ppm)	< 20	25 - 50	< 25	40 - 70	< 25	40 - 70
Molibdeno (ppm)	< 0.1	0.1 - 0.2	< 0.1	0.1 - 0.2	0.1	0.1 - 0.2

Concentraciones de nutrimentos en hojas y pecíolos de papa variedad Alpha para dos estados nutrimentales y tres etapas fenológicas. INIFAP-CIRNO-CEVAF.

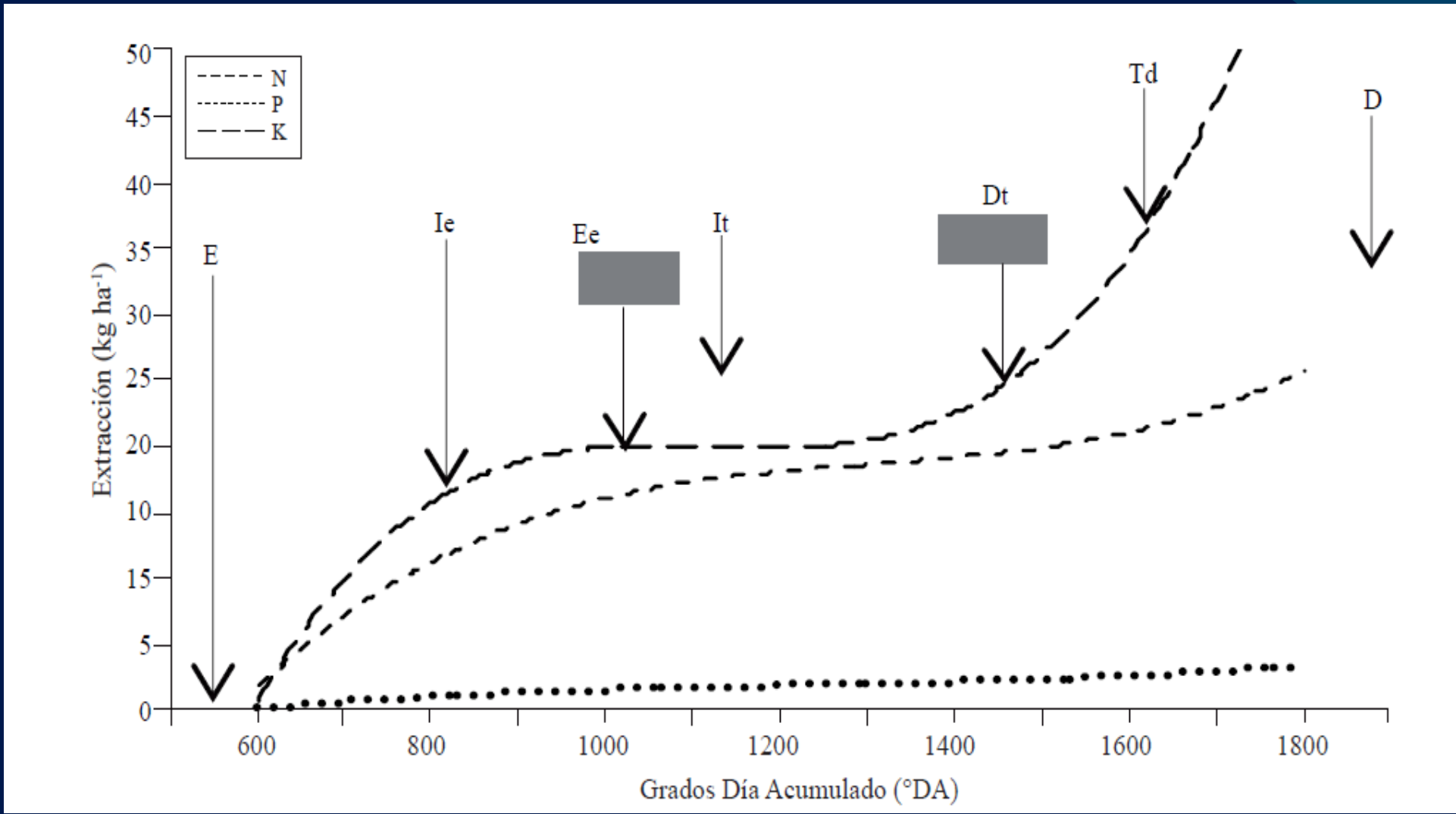


Elemento	Desarrollo inicial		Inicio de tuberización		Desarrollo de tubérculo	
	deficiente	adecuado	deficiente	adecuado	deficiente	adecuado
Nitrógeno (%)	-	6.0 - 7.0	< 5.5	5.7 - 6.7	< 5.0	5.5 - 6.5
Fósforo (%)	< 0.38	0.38 - 0.70	< 0.35	0.35 - 0.70	< 0.27	0.27 - 0.50
Potasio (%)	-	4.5 - 6.5	< 4.0	4.5 - 6.5	< 3.0	3.5 - 6.0
Calcio (%)	< 0.7	1.0 - 2.0	< 0.80	1.0 - 2.0	< 0.8	1.0 - 2.5
Magnesio (%)	< 0.25	0.30 - 0.50	< 0.30	0.3 - 0.8	< 0.30	0.3 - 0.8
Cobre (ppm)	-	-	< 6	6 - 20	< 6	6 - 20
Fierro (ppm)	-	-	< 70	70 - 150	< 70	70 - 150
Manganeso (ppm)	-	-	< 50	50 - 300	< 30	50 - 300
Zinc (%)	-	-	< 20	20 - 60	< 20	20 - 60
Boro (ppm)	-	-	< 30	30 - 60	< 30	30 - 60

Evolución de índice de área foliar y peso fresco de tubérculo de papa para dos niveles de nitrógeno (Kleinkopf et al., 1981).



Extracción diaria de NPK asociada a la etapa fenológica y GDDA en papa variedad Fiana en el norte de Sinaloa, México (Sifuentes-Ibarra, 2013)



Aplicación: Plagas



Larvas de gusano de alambre
ETAPA: siembra



Pulgón común (*Myzus persicae*)
ETAPAS = iniciales



Pulgón verde de las solanáceas
(*Macrosiphum euphorbiae*)
ETAPAS = iniciales



Palomilla de la papa
(*Phthorimaea operculella*)
ETAPA = final (larva)



Larva de primer instar de palomilla
de la papa



Huevecillos de primer instar de
palomilla de la papa



Ninfas y adultos de mosquita blanca
(*Bemisia tabaci*)
ETAPA = iniciales / intermedias

Aplicación: Enfermedades

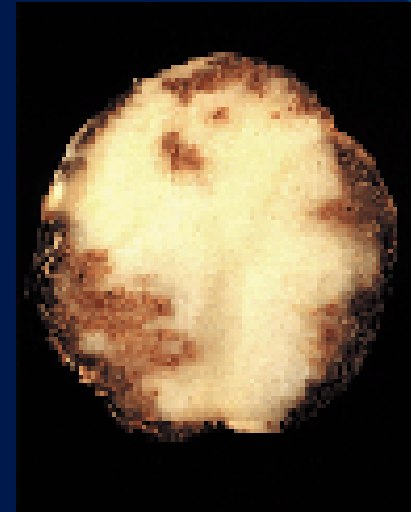
Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)



a



b



c

Daños característicos de tizón tardío en hojas (a), tallos (b) y tubérculos (c) de papa.

Aspectos de daño por Fusarium en semilla (a), tubérculo en almacén (b) y planta (c).



a



b



c

Daños de Rizoctonia en diferentes órganos de la planta de papa



a. Plantas jóvenes



b. Tallos y estolones



c. Tubérculos

**Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*,)
Infección producidas por contacto
directo entre un esclerocio germinando
y la planta de papa**



**Tubérculo Infectado por
Streptomyces scabies.**



Relación de algunas enfermedades de la papa con los estados de desarrollo del cultivo y los daños que provocan.



Patógeno	Etapas críticas	Daños
Rizoctonia	Preemergencia, Emergencia, y primeras semanas de crecimiento vegetativo para el caso de daños en estolones y daños en base de tallos (abajo del nivel del suelo).	En riego por aspersión pudre tallos y ramas infectando los tubérculos .
Fusarium	Daños en almacén y todo el ciclo de cultivo en el campo.	Cosecha tardía incrementa daños; también el calor. En almacén es importante “curar” heridas.
Moho blanco	En cultivo cerrado y en pleno crecimiento	
Sarna común	Inicio de Tuberización y Aumento del Tubérculo	Presencia de lesiones de apariencia corchosa en la piel de los tubérculos. Las lesiones más comunes son las superficiales y las profundas.
Tizón tardío	Cultivo cerrado y en crecimiento, antes de senescencia	Susceptible en cualquier etapa; mas grave al cerrarse por acumulación de humedad. Pero con humedad a nivel microclima, aún plantas recién emergidas pueden morir.
Tizón temprano	Maduración y senescencia	Puede haber algo de daño antes de emerger o poco después, pero comúnmente es hasta que el follaje está maduro (sobre todo el inferior).

Control cultural y químico para algunas enfermedades de papa importantes en Sinaloa



Enfermedad	Cultural	Químico
<i>Moho blanco</i>	- Rotación de cultivos con gramíneas. - Cultivando hospederos no susceptibles el esclerocio puede germinar pero el hongo no es capaz de infectar y no continúa con su ciclo. - Buen manejo de la fertilización para reducir un excesivo desarrollo del follaje, con follaje menos denso hay menor riesgo - Riegos apropiados, evitando excesos de humedad en suelo y follaje - Control de malezas que son hospederos (bledo, hierba mora, verdolaga, mostacilla, etc.)	- Endura (boscalid) de 400 ml a 730 ml/ha aplicar en la primer inflorescencia y repetir a los 14 días si las condiciones son favorables - Shogun 500 FW (fluazinam) de 500 ml a 1.0 LT/ha repetir a los 7 a 10 días - Botran 75 PH (Dicloran) 6 Kg./ ha intervalos 7 días - Cercobin M (Thiofanate methyl) de 1.120 a 1.680 Kg. /ha primera aplicación en la primera floración, repetir de 7 a 14 días - Rovral (Iprodione) 50 WP 2.240 Kg./ha intervalo de 7 a 21 días
<i>Fusarium</i>	- Asegurarse de la madurez de la piel antes de cosecharse - Evitar golpes y heridas en los tubérculos y manejarlos con cuidado - Limpiar y desinfectar la bodega (cloro 5.25% 3.785 lts en 38 lts de agua - Manejo cuidadoso de la papa al almacenarla - Cicatrización de heridas en almacén con temperaturas de 12° a 18° C por dos semanas y 90 % de HR y después bajar la temperatura .5 grados por día hasta alcanzar la temperatura deseada - La semilla se debe almacenar de 4° a 5° C (40° a 42°F) HR 85-90% y buena ventilación - El calentamiento de la semilla hacerlo a 10° C antes de sacarla	- Envolv (Tops MZ-Curzate) papa cortada 340 g / 45 Kg. - Maxim (Fludioxonil) 230 g/45 Kg. - Mertect (Thiabendazole) 340 F 42% 12.5 ml / 45 Kg. Post cosecha - Tops MZ 450 g / 45 Kg. - Tops 2.5 %D, 450 g / 45 Kg. - Captan 7.5 % 450 g / 45 Kg. - Mancozeb 8% 450 g / 45 Kg. - Maneb 7.5% 450 g / 45 Kg. - Maneb 8% + Streptomycin 0.01% 450 g / 45 Kg.



Tizón tardío	- Utilizar variedades de papa con resistencia - Usar como semilla tubérculos sanos. - Eliminar todas las fuentes de infección - Realizar aporques altos con la finalidad de cubrir los tubérculos superficiales - Cortar el follaje infectado y sacarlo fuera del campo - Evitar la cosecha en días lluviosos	- Fungicidas de contacto. Dependiendo de las condiciones ambientales, las aplicaciones con estos productos pueden realizarse cada 3 a 7 días. Actúan inhibiendo el crecimiento miceliano y germinación de las zoosporas (como es el caso de los dithiocarbamatos: mancozeb, zineb, propineb, maneb y metiran), inhibiendo la movilidad de las zoosporas (captafol y folpet), como antiesporulantes para reducir la diseminación (acetato de fentin, hidróxido de fentin, clorotalonil y fluazinam). - Fungicidas sistémicos. Se les llama fungicidas sistémicos, a todos los productos químicos que al ser aplicados al follaje, ingresan a los tejidos de la planta. Tienen un efecto residual largo de 10 a 15 días y se translocan dentro de la planta. El movimiento del producto químico dentro de la planta puede ser simplemente translaminar (cymoxanil, dimetomorph, previcur), de hoja a hoja, de tallo a hoja y/o de follaje a los tubérculos. El movimiento de arriba hacia abajo se conoce como basipétalo y de abajo hacia arriba, como acropétalo. Los fungicidas con este tipo de movimiento son altamente sistémicos y pertenecen al grupo de las fenilaminas (metalaxyl, ofurace, benalaxyl y oxadixyl).
Rizoctonia	- Utilizar como semilla tubérculos sanos - El uso de tubérculos libres de esclerocios (GA3) es una buena medida para evitar la infección de los brotes en estado de preemergencia	El uso de fungicidas (aplicados al suelo o como desinfectantes de tubérculos), no incrementa los rendimientos, pero, incrementa la calidad sanitaria de los tubérculos. Por otro lado, los fungicidas deberían utilizarse de acuerdo al GA presente.

Rizoctonia	- Rotación de cultivos. Esta práctica es eficiente para controlar el GA3 de <i>R. solani</i>, porque afecta sólo a la papa y cebada y no para el GA4 que afecta a muchos otros cultivos. - Eliminar o quemar los restos de cosecha. Esta práctica es válida para eliminar el micelio del hongo que se encuentra en restos de tallos y estolones infectados en el campo después de la cosecha.	Trabajos realizados en México, han determinado que el monceren controla eficientemente el GA3 y el rizolex, el GA4; pero el GA7, que también forma esclerocios es tolerante a todos los fungicidas
-------------------	---	---

Muchas gracias

M.C. Ernesto Sifuentes Ibarra
Investigador de INIFAP - Campo
Experimental “Valle del Fuerte”
Sinaloa, México.

eblnat68@gmail.com

Para citar esta presentación:

Sifuentes, Ibarra, E. 2020. Manejo del cultivo de papa utilizando grados días: bases y aplicaciones prácticas para fenología, riego, fertilización, plagas y enfermedades. Serie de Seminarios Virtuales 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMEI). México. 26 pp.

Consulta el portal del COMEI y sus redes sociales:
www.comeii.com y www.riego.mx

