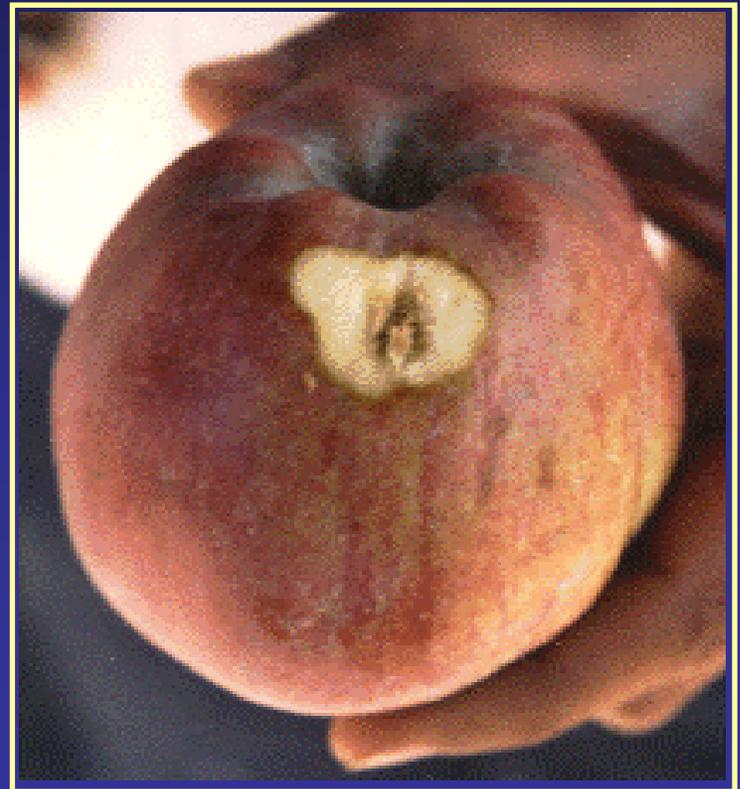


Predicción de Bitter pit en Manzanas

Jorge B. Retamales, Ph.D.
Universidad de Talca

Claudio Valdés,
Soquimich Comercial S.A.



Contenidos:

- 1. Introducción**
- 2. Causas y control del bitter pit**
- 3. Predicción de bitter pit**
- 4. Métodos de predicción de bitter pit**
- 5. Etapas involucradas en IFMg**
- 6. Conclusiones**

1. Introducción

- Bitter pit es el desorden fisiológico más importante en manzanas.
- Puede tener gran impacto en calidad y precio de la fruta.
- Alta susceptibilidad al bitter pit de variedades de reciente introducción a Chile.
- Investigación concentrada en control a través de aplicaciones de calcio en pre y post cosecha.
- Manejo del bitter pit requiere métodos adecuados de predicción.

2. Causas y control del bitter pit:

- Hace casi 70 años, se asoció bitter pit a bajos niveles de calcio (Ca) en frutos
- Luego se demostró que aplicaciones foliares de Ca reducían la incidencia de bitter pit, mientras que las de Magnesio (Mg) la aumentaban
- En las zonas manzaneras, el Ca en el suelo, satisface las necesidades de las plantas

Estimación del Ca aportado por el riego y el suelo. (Datos en kg de Ca/Ha). Ruiz, 1996

Aporte	Zona productora		
	V-RM	VI	VII
Agua de riego	630	280	105
Ca en solución del suelo	2040	1360	920
Total	2670	1640	1025

Distribución de Ca en distintos órganos de la planta (Datos en kg de Ca/ha)

Componentes	Granny Smith (80 ton/ha)	R. Delicious (45 ton/ha)
Poda anual	16	58
Fruta	7	4
Hojas ¹	110	124
Flores y frutos caídos ¹	8	5
Total	141	191

¹ Datos calculados de la materia seca de acuerdo a Batjer y Rogers (1952) y concentración de Ca medida en la condición nacional (Ruiz, 1995).

Conclusión:

Aporte del suelo >>>

1025 - 2670 kg Ca/ha

Demanda por la planta

140 - 190 kg Ca/ha

Causas del Bitter pit :

Distribución de Ca en la planta

- Incidencia de bitter pit vinculada a distribución de Ca entre diversos órganos, antes que Ca total en la planta.
- Mayor parte del Ca en la planta es translocado con el flujo transpiratorio; por ello:
 1. Órganos que transpiran menos (frutos), acumulan menos Ca que los que transpiran más (hojas y brotes).
 2. Acumulación de Ca en frutos depende de funcionalidad de estructuras de transporte (xilema)
 3. Semillas atraerían Ca hacia frutos

Distribución de Ca en la planta



Proporción de xilema funcional durante la temporada:

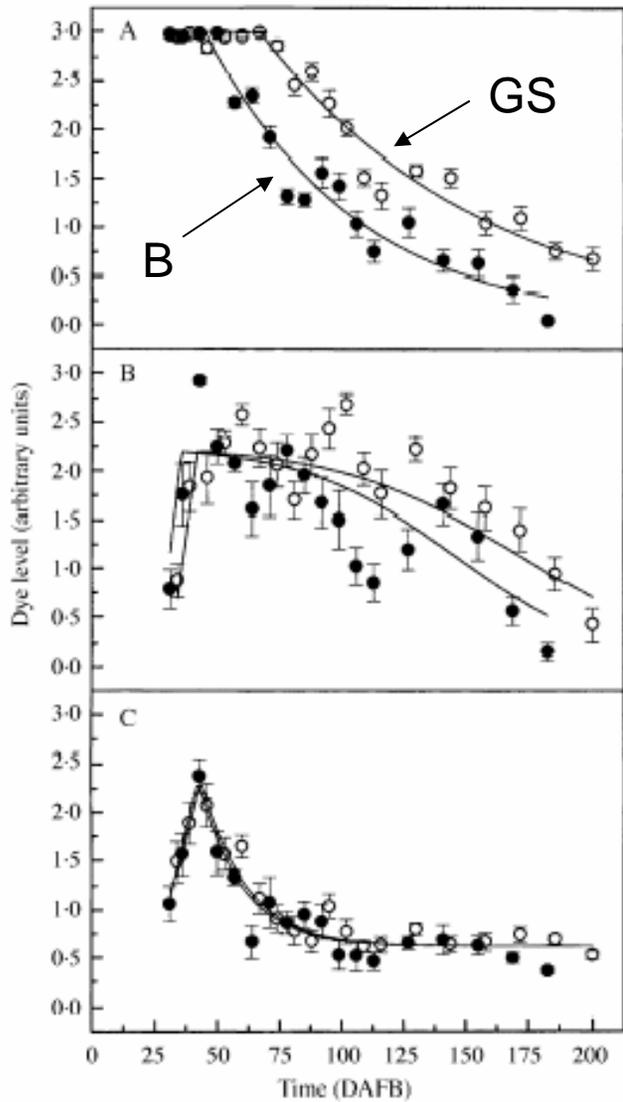


FIG. 3. Dye level in (A) the primary, (B) dorsal and (C) ventral vascular bundles of 'Braeburn' (solid circles) and 'Granny Smith' (open circles) as a function of fruit age (DAFB). The mean dye level for each time period was obtained by assessing 15 fruit per cultivar. Vertical bars represent s.e.

Causes and Effects of Changes in Xylem Functionality in Apple Fruit

Drazeta et al., *Annals of Botany*. 93:275-282, 2004

Tasa transpiratoria promedio en diferentes tipos de hojas (brote terminal, dardo y bursa) en manzanos Red Chief y Braeburn. Valdés, 2002

	Tasa Transpiratoria ($\mu\text{g cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) / Horas del día (h)						
	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Variedad							
-Red Chief	3.8	5.7	6.0	5.8	3.9	2.1	1.1
-Braeburn	3.9	5.5	6.9	6.8	4.1	2.2	1.5
<i>Significancia</i>	ns	ns	**	**	ns	ns	ns
Estructura							
Brote Terminal (bt)	4.1	5.9	7.1	7.2	4.3	2.5	1.6
Dardo (d)	4.1	5.8	6.4	6.1	4.0	2.1	1.1
Bursa (b)	3.5	5.3	5.9	5.7	3.9	2.0	1.4
<i>Significancia</i>							
bt vs d	ns	ns	*	**	ns	ns	ns
bt vs b	ns	ns	**	**	ns	ns	ns
d vs b	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Variedad vs Estructura							
<i>Significancia</i>	ns	ns	**	**	ns	ns	ns

Densidad estomática y cantidad de ceras promedio en diferentes tipos de hojas (brote terminal, dardo y bursa) en manzanos. Valdés, 2001

	Ds (estomas/mm ²)	Qw (mg/cm ²)
Variedad		
-Red Chief	273.3	2.28
-Braeburn	333.3	1.60
<i>Significancia</i>	**	**
Estructura		
Brote Terminal (bt)	340.0	2.23
Dardo (d)	289.9	1.62
Bursa (b)	279.9	1.97
<i>Significancia</i>		
bt vs d	**	**
bt vs b	**	*
d vs b	ns	ns
Variedad vs Estructura		
<i>Significancia</i>	**	**

Número promedio de estomas/mm² en cuatro variedades de manzanos. Temporada 2001. Valdés, (datos no publicados)

Variedad	Estomas/mm ²
Royal Gala	219,9 a
Red Chief	273,3 a
Braeburn	333,3 b
Fuji	253,3 a
Significancia	**

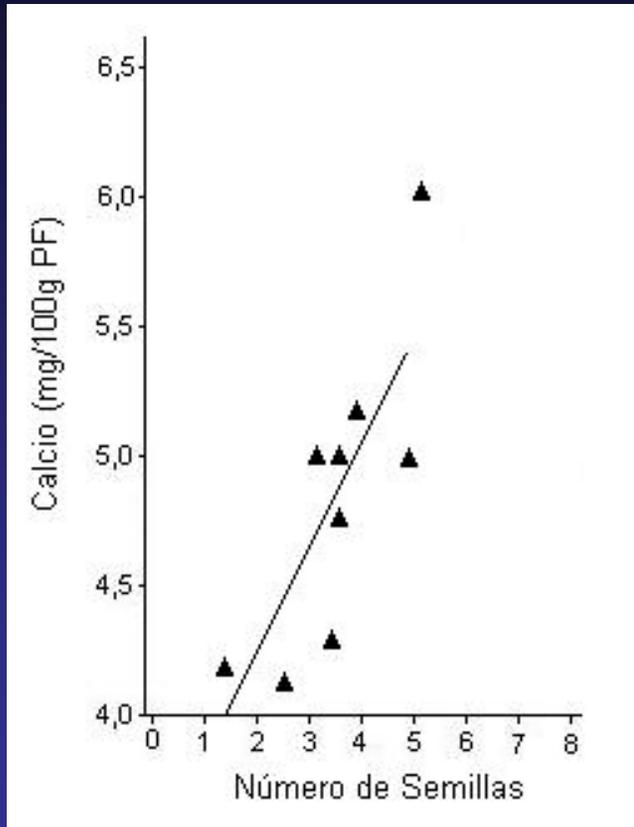
Significancia: **: altamente significativo, $p = 0,01$.

Efecto de la distancia del polinizador (R. Gala) en características de frutos de Braeburn.

Distancia (m)	Semillas/ fruto	Frutos deformes	Ca	Mg	B.pit
			mg/100 g fruta		(%)
7	4,6	17,3	4,3	4,4	2,7
25	3,2	21,5	4,0	4,1	5,3
43	2,2	31,6	3,5	4,2	17,7

Fuente: Brookfield y otros, 1996

Ca vs N° semillas/fruto



Seed number and calcium concentration of “Braeburn” apple fruit

Brookfield et al., J. Hort. Science. 71:265-271, 1996

Prácticas que inciden en distribución de Ca en manzanas

- Incidencia de Bitter pit, pueden reducirse al limitar el crecimiento vegetativo
- Prácticas culturales:
 - Manejo hídrico
 - Control de malezas,
 - Epoca e intensidad de poda,
 - Fertilización nitrogenada
 - Manejo de la carga frutal.

3. Predicción de Bitter pit:

- Predecir implica anticipar la ocurrencia de eventos
- Para predecir bitter pit, debe estimarse Ca en frutos
- Ca en suelo o follaje, no representa Ca almacenado en frutos.
- En manzanas, es difícil medir directamente Ca en frutos, porque:
 - Niveles de Ca en frutos son bajos y variables
 - Se desconoce zona del fruto vinculada a Bitter Pit
- Concentración de Ca en frutos es tan importante para su calidad interna, que se busca determinarlo indirectamente

4. Métodos de predicción de bitter pit:

- En los últimos 50 años, se han usado diversos métodos para predecir bitter pit.
- Métodos tienen diferente capacidad de predecir el bitter pit: relación entre bitter pit predicho y el bitter pit real obtenido luego de 3 meses de frío convencional.

4.2. Requisitos de métodos de predicción de bitter pit :

- 1.- **Costo:** debe tener alta relación costo/beneficio
- 2.- **Confiabilidad:** debe entregar resultados consistentes al ser usado en diversas condiciones: variedades, temporadas, manejo y zonas productivas
- 3.- **Oportunidad:** debe permitir controlar bitter pit y/o segregar frutos según incidencia potencial del desorden; resultados deben conocerse antes que la mayor parte de frutos haya sido cosechada
- 4.- **Facilidad de operación:** el procedimiento debe ser fácil de implementar y compatible con protocolos de cosecha y packing

Capacidad predictiva (r^2) de diversos métodos para pronosticar la incidencia de bitter pit en manzanas.

Método de Predicción	r^2 ^y
Infiltración de frutos con Mg	0,67- 0,87
Aceleración de madurez (Ethephon)	0,60-0,74
Largo de brotes terminales	0,38- 0,50
Análisis Mineral de frutos: K + Mg / Ca	0,12-0,40
Análisis Mineral de frutos: Ca	0,19-0,43

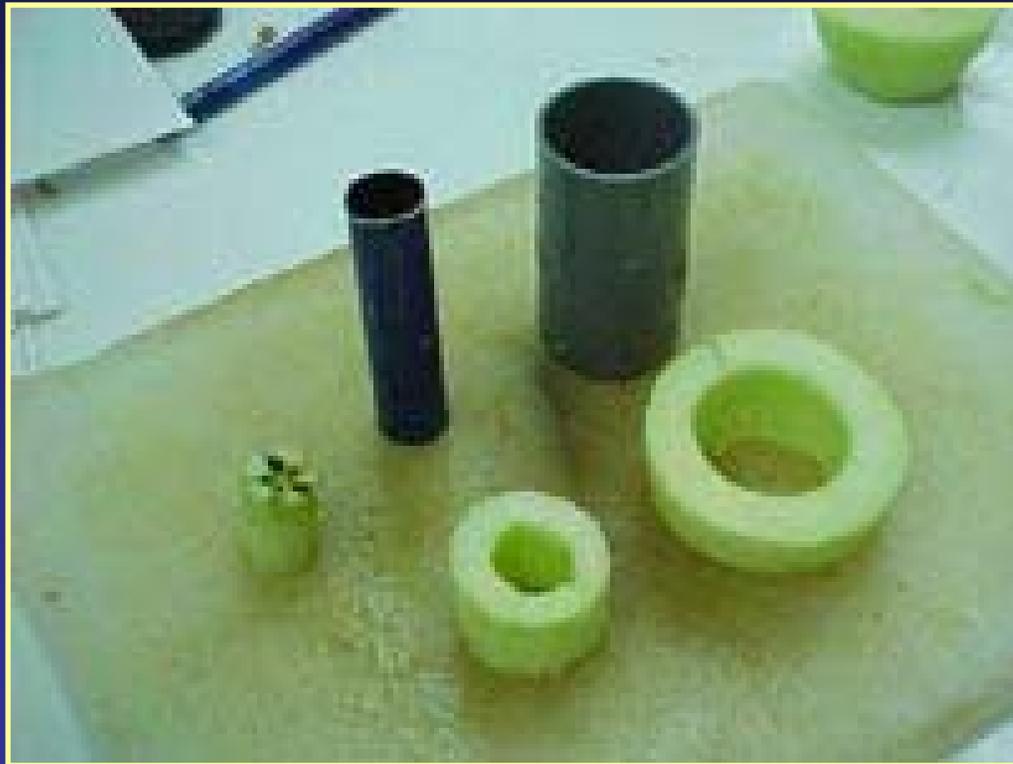
^z muestras colectadas una semana antes de cosecha comercial (90-120 días a 1-3 °C)

^y Fuentes: ¹Gajardo, 1996; ²Retamales y Valdés, 1996; ³Van der Boon, 1980.

Comparación métodos de predicción

Item	Infiltración en Magnesio	Análisis mineral
Costo por muestra (U\$)	10 – 24	12 – 24
Operación	Usuario	Laboratorio
Parte del fruto usado	Completo	Variable
Observación síntomas	Sí	No
Capacidad predictiva	0,61 – 0,87	0,12 – 0,40
Estrategia marketing	Sí	No

Concentración de Ca varía según tejido muestreado:



4.2. Infiltración de fruta con Mg (IFMg):

- Se ha reportado que:
 - > Ca → < Bitter pit;
 - > Mg → > Bitter pit
- IFMg se desarrolla en Polonia y EE.UU.
Se perfecciona en Chile desde 1991
Aplicación comercial desde 1997
- Base fisiológica:
 - Al infiltrar, Mg reemplaza a Ca en la pulpa de la fruta
 - Falta de Ca genera procesos degradativos en frutos que producen manchas “tipo bitter pit”
 - Número de manchas “tipo bitter pit” es inversamente proporcional al nivel de Ca en frutos

5. Etapas involucradas en IFMg

5.1. Muestreo de fruta

5.2. Infiltración con Mg

5.3. Desarrollo y evaluación de síntomas

5.4. Análisis Estadístico

5.1. Muestreo de fruta:

- Fechas: (60), 40 ó 20 días pre-cosecha comercial
- En cada uno de 40 árboles tomar un fruto:
 - Calibre más frecuente en el huerto
 - Ubicados a 120-140 cm de altura
 - A 40-80 cm desde la periferia
 - En ramas del sector sur-poniente de la copa
- Árboles deben ser uniformes en tamaño/vigor, condición de suelo y carga frutal
- No usar árboles enfermos o con problemas nutricionales

Muestreo de frutos



5.2. Infiltración con Mg:

- Dentro de 24 horas, frutos se infiltran al vacío
- Por cada litro de agua destilada, mezcla contiene:
 - Cloruro de magnesio (10,2 g)
 - Sorbitol (86 cc) y
 - Tween 20 (0,5 cc)
- Vacío por 2 minutos según variedad:
 - 100 mm de mercurio para G. Smith
 - 500 mm para R. K. Oregon y Braeburn
 - 250 mm para Delicious, Fuji, Gala y otros cv.





5.3. Desarrollo y evaluación de síntomas:

- Después de infiltrados, frutos se secan y dejan a 16-20° C.
- Luego de 8-10 días, empiezan a aparecer manchas “tipo bitter pit” sobre su superficie
- Mayor parte de síntomas aparecen dentro de 16 días de IFMg; se evalúa al cabo de 18 días
- Debe evitarse confundir síntomas con los causados por deshidratación, enfermedades russet u otros.



5.4. Análisis Estadístico:

- Correlación mediante modelos o fórmulas, el número de frutos con manchas “tipo bitter pit” luego de IFMg (**bitter pit predicho**), con el que se hubiera obtenido luego de almacenar por 3 meses en atmósfera convencional (**bitter pit real**)
- Centro de Pomáceas, ha generado modelos con el mejor ajuste para cada combinación variedad/patrón y fecha de muestreo
- Cada usuario podría generar fórmulas propias luego de algunas temporadas de uso intensivo del método

Fórmulas generadas para frutos colectados **20 días** antes de la cosecha y sometidos a infiltración con Mg

Variedad	Portainjerto Franco	Portainjertos Clonales
Braeburn	$y = 7,0 \text{ Ln } (x) - 1,3$	$y = 5,8 \text{ Ln } (x) - 3,2$
Fuji	$y = 1,0 x - 2,2$	$y = 1,1 x - 1,6$
Gala	$y = 0,9 x - 1,7$	$y = 1,2 x - 3,6$
Granny Smith	$y = 4,0 \text{ Ln } (x) + 0,6$	$y = 2,5 \text{ Ln } (x) - 3,2$
Delicious	$y = 3,5 \text{ Ln } (x) - 5,0$	$y = 7,2 \text{ Ln } (x) - 4,9$

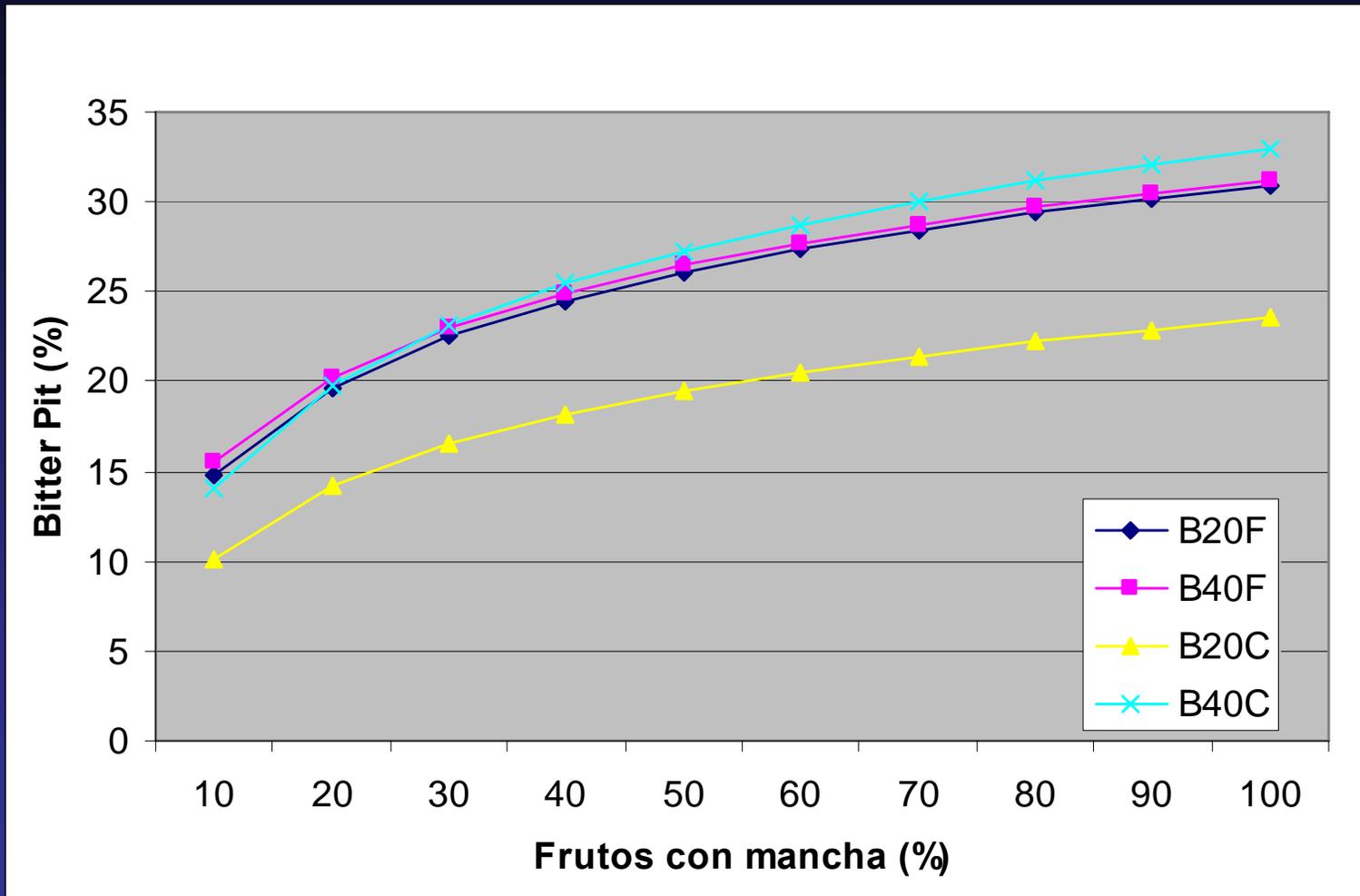
x = Porcentaje de frutos con manchas “tipo Bitter Pit” 18 días después de infiltración

Fórmulas generadas para frutos colectados **40** días antes de la cosecha y sometidos a infiltración con Mg

Variedad	Portainjerto Franco	Portainjertos Clonales
Braeburn	$y = 6,8 \text{ Ln } (x) - 0,14$	$y = 8,2 \text{ Ln } (x) - 4,8$
Fuji	$y = 1,1 x - 2,0$	$y = 1,2 x - 1,7$
Gala	$y = 0,9 x - 1,9$	$y = 1,3 x - 2,9$
Granny Smith	$y = 7,9 \text{ Ln } (x) - 1,2$	$y = 7,4 \text{ Ln } (x) - 2,8$
Delicious	$y = 7,3 \text{ Ln } (x) - 4,1$	$y = 6,2 \text{ Ln } (x) - 4,8$

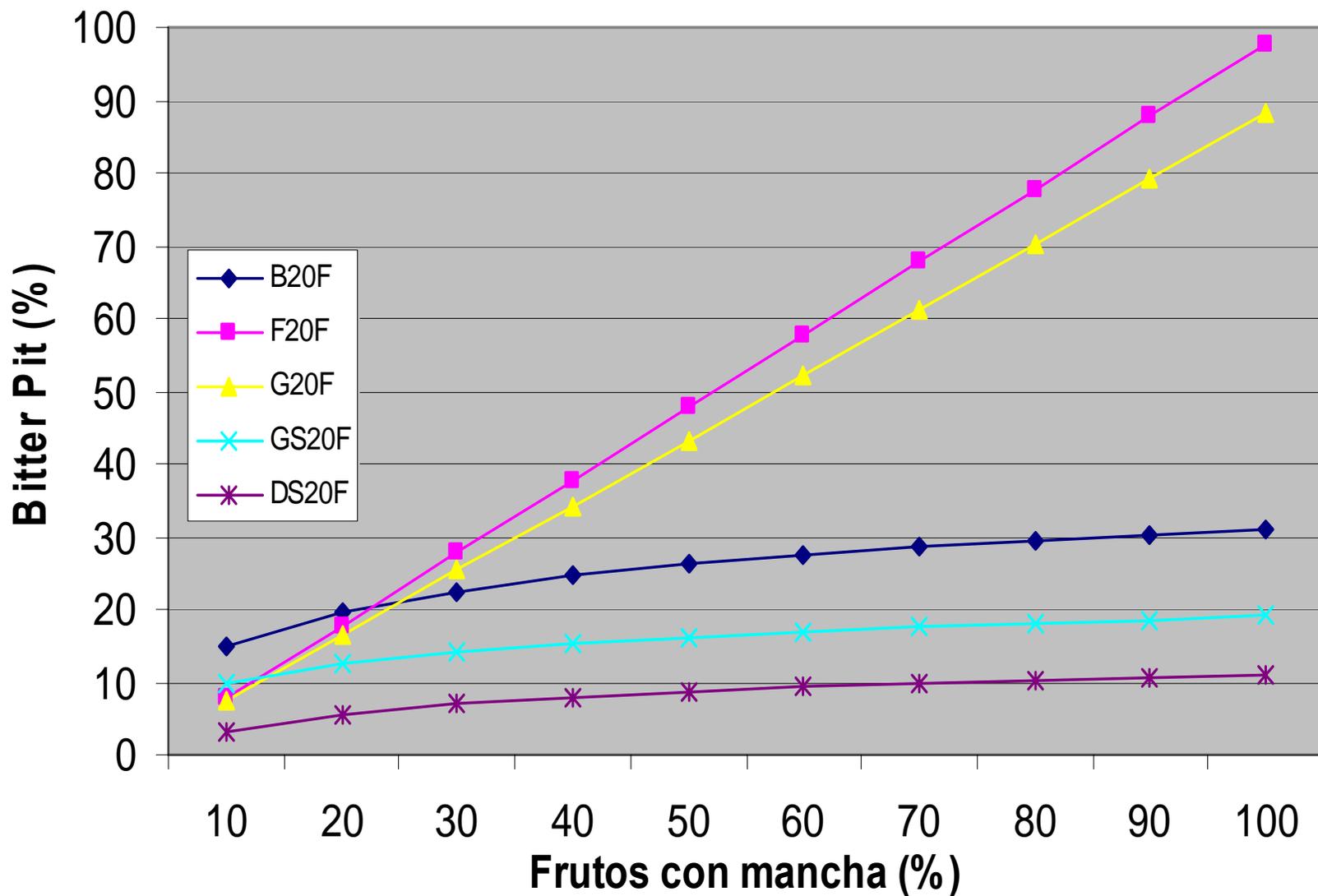
x = Porcentaje de frutos con manchas “tipo Bitter Pit” 18 días después de infiltración

Curvas del C. Pomáceas para cv. Braeburn (B) para 2 portainjertos y 2 fechas (20 y 40 días precosecha)



(F=Franco y C=Clonal)

Curvas del C. Pomáceas para 5 cv., sobre portainjerto franco, 20 días pre cosecha



(Braeburn=B, F=Fuji, G=Gala, GS=Granny Smith y D= Delicious Standard)

Resultado de análisis

Empresa:_____ Fecha de llegada:_____

Variedad:_____ Entrega de informe:_____

Nº de muestras:_____

	Ausente	Muy Baja	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
% de bitter pit	0	1 - 3	4 - 6	7 - 9	10 -12	>13
Productor						

Nomenclatura de productores:

Cuadro 1: Efecto de la carga frutal (baja, media o alta) y número de aplicaciones de CaCl₂ (0, 2 ó 4) sobre la incidencia potencial (P) de bitter pit (%), establecida mediante infiltración en sales de magnesio 40 días pre cosecha, a cosecha, y el nivel de bitter pit real (R) (después de 3 meses a 0 °C más 10 días a 18 – 22 °C).

Carga frutal ^x (CF)	Nº aplic. CaCl ₂ ^y (NA)	Incidencia de bitter pit (%)			
		Potencial (P)		Real (R)	
		40 d pre-cosecha	Cosecha	100 d post-cosecha	Diferencia (P-R)
Nº aplic.	0	40,5	57,0	63,3	(-)6,3
CaCl ₂	2	42,8	39,6	33,3	6,3
	4	38,3	26,9	25,0	1,9
Significancia					
NA ^w		n.s.	*	**	
0 vs 2 ó 4 ^z		n.s.	*	*	
2 vs 4 ^z		*	*	*	
Carga Frutal	Baja	54,0	60,2	53,3	6,9
	Media	29,3	33,3	38,3	(-)5,0
	Alta	38,3	30,1	30,0	0,1
Significancia					
CF ^w		n.s.	**	**	
Baja	0	67,5	85,5	75,0	10,5
	2	54,0	66,5	45,0	21,5
	4	40,5	28,5	40,0	(-)11,5
Media	0	13,5	42,8	65,0	(-)22,2
	2	40,5	23,8	25,0	1,2
	4	33,8	33,3	25,0	8,3
Alta	0	40,5	42,8	50,0	7,2
	2	33,8	28,5	30,0	(-)1,5
	4	40,5	19,0	10,0	9,0
Significancia.					
CF * NA ^w		n.s.	n.s.	n.s.	

^x Carga baja : 55 frutos/árbol; Carga media : 70 frutos/árbol; Carga alta : 140 frutos/árbol.

^y Dosis CaCl₂: 0,5%

^w Análisis de Varianza (p < 0,05); ^z Contrastes Ortogonales (t < 0,05).

Conclusiones

- Se requiere predecir incidencia de bitter pit, pero medición directa de Ca en frutos es difícil, cara y poco confiable
- Se han buscado formas para medir indirectamente nivel de Ca en manzanas
- Desde 1990, investigaciones en Polonia, EE.UU. y Chile, han generado fundamentos y protocolos para uso comercial de IFMg

Conclusiones (cont.)

- Método de predicción debe ser: confiable, oportuno, con alta relación costo/ beneficio y fácil de operar. IFMg es el único que cumple estos requisitos
- Con IFMg se deben cumplir protocolos de muestreo, manipulación, infiltración y evaluación de síntomas.
- Para cada combinación variedad/patrón y fecha de muestreo (20 o 40 días precosecha), se han generado fórmulas que predicen bitter pit real
- Usuarios pueden generar fórmulas adicionales luego de algunas temporadas de uso intensivo del método.

Conclusiones (cont.)

- El bitter pit es el desorden fisiológico más importante en manzanas.
- Está ligado a una deficiencia localizada de Ca en frutos.
- Acumulación de Ca en frutos depende de distribución entre órganos vegetales, antes que del suministro de Ca desde el suelo.
- Ello está regulado por funcionalidad de xilema, transpiración y número de semillas,

Bitter pit aumenta con calibres grandes



Bitter pit aumenta con crecimiento excesivo de brotes



Una producción equilibrada de
fruta reduce el Bitter pit....



Agradecimientos: Tesisistas

- Cristián Fuentes
- Paula Gajardo
- Manuel González
- Ricardo Gutiérrez
- Lorenzo León
- Valeria Lepe
- José Luis Llanos
- Claudio Valdés
- Víctor Villarroel

Gracias.....

