

Proyecto apoyado por



16PTECFSS-66641/ Proyecto 3

# DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PREDICTIVA PARA LA ESTIMACIÓN DE CALIBRE EN KIWI

## RESULTADOS

Catalina Pinto Palacios

[catalina.pinto@uoh.cl](mailto:catalina.pinto@uoh.cl)

Universidad de O'Higgins





# OBJETIVO GENERAL

Identificar, evaluar y desarrollar una metodología que permita determinar la distribución de calibre en kiwi, variedad Hayward.



## Objetivos específicos

---

1. Levantamiento de información de las metodologías predictivas de calibre utilizadas en Chile y el mundo.

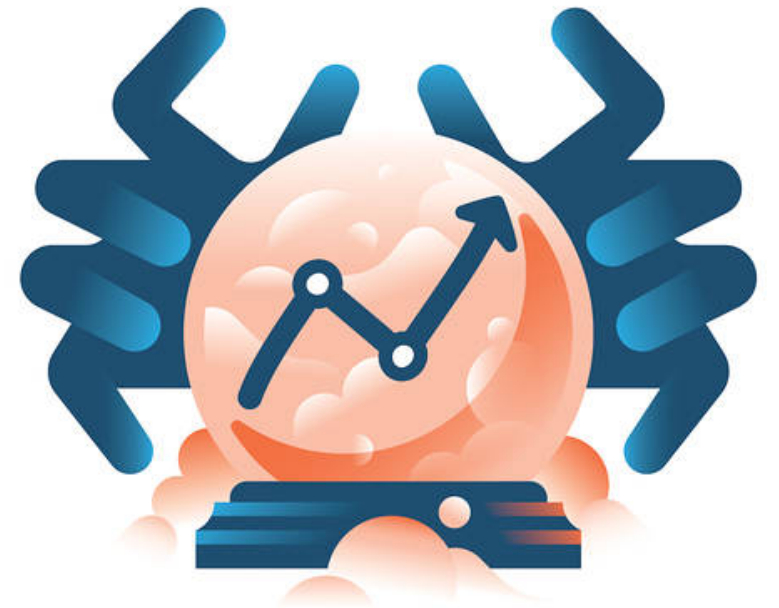
---

2. Desarrollar y adaptar una metodología predictiva de calibre para el kiwi chileno.

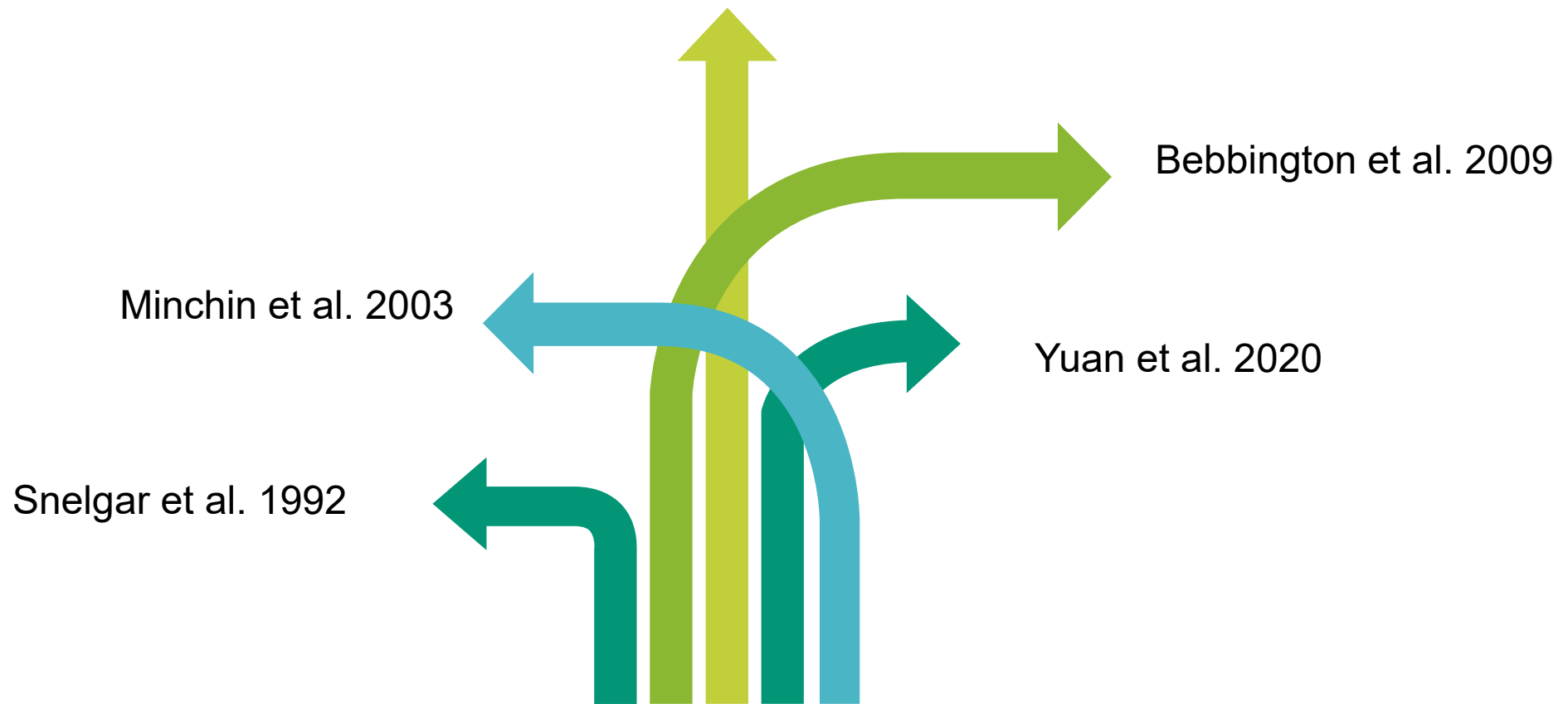
# Modelos de predicción

Las herramientas de predicción durante la temporada pueden ser útiles para regular el crecimiento del fruto (Azarenko et al., 2008), para predecir el tamaño del fruto y el rendimiento (Wubs et al., 2012) y para decidir la fecha de cosecha (López-Bernal et al., 2021).

Los modelos de predicción del crecimiento de los frutos se basan principalmente en dos patrones generales: sigmoide simple y doble sigmoide (Opara, 2010; Gil, 2012).



# Modelos de predicción en kiwi



# Metodología

Se realizaron evaluaciones en 2 huertos adultos durante dos temporadas (2019-2020/2020-2021).

<b>SANTA LAURA</b>	<b>AGRIZANO</b>
VALLE CENTRAL INTERIOR PROVINCIA DE CURICÓ	PRECORDILLERA PROVINCIA DE CURICÓ

# Metodología



Step

01

Unidad de Muestreo (UM): en cada huerto se escogió un cuartel o unidad de producción delimitada, con una superficie máxima de 5 Has. En lo posible en la misma unidad de muestro del Programa de Monitoreo

Sub-Unidad de Muestreo/Monitoreo (sUM): se escogieron 5 cuadrantes de manera aleatoria en la UM.

Step

02

Cada cuadrante está compuesto por 4 cuartos de plantas vecinas entre 2 hileras.

Step

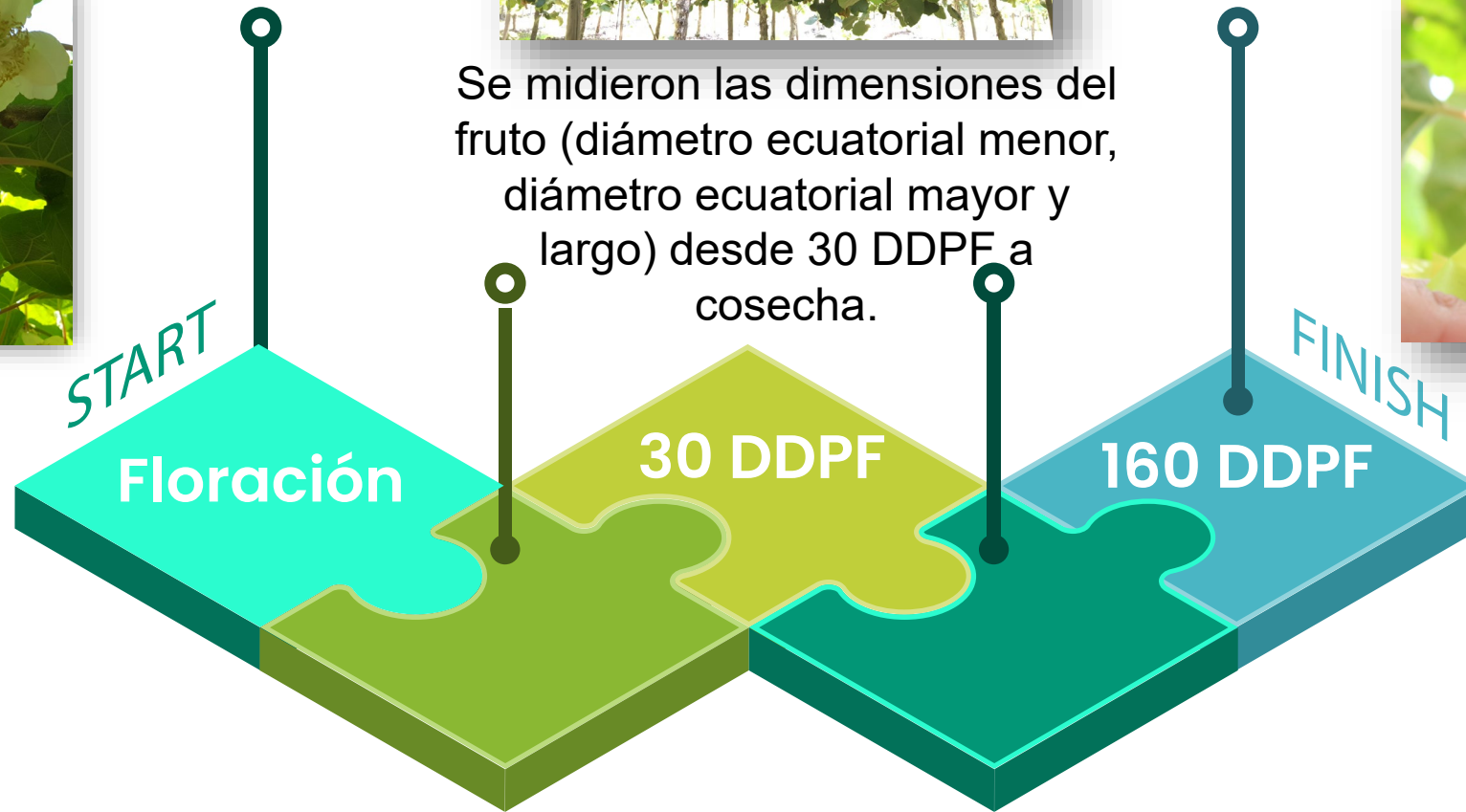
03

Se marcaron flores.



La fruta marcada, una vez que ha alcanzado los parámetros de cosecha, se cosechó y se midió el peso fresco de cada fruto.

Se midieron las dimensiones del fruto (diámetro ecuatorial menor, diámetro ecuatorial mayor y largo) desde 30 DDPF a cosecha.



# Mediciones no destructivas





Paralelamente se muestrearon frutos de plantas adyacentes a la sUM.



A un total de 100 frutos se les midió el peso y las dimensiones (diámetros y largo)



La primera medición se inició a los 30 DDPF, y se repite cada 10 días hasta 60 DDPF, y luego cada 15 días hasta la cosecha.

# Mediciones destructivas

HUERTO	ZONA AGROCLIMATICA
INV. KIWI DEL SUR	VALLE CENTRAL INTERIOR PROVINCIA DE CURICO
SANTA LAURA	VALLE CENTRAL INTERIOR PROVINCIA DE CURICO
EMPRESAS ALTAMIRA	VALLE CENTRAL INTERIOR PROVINCIA DE CURICO
AGRIZANO	PRECORDILLERA PROVINCIA DE CURICO
ROLANDO CAPOMASSI SANHUEZA	VALLE CENTRAL INTERIOR PROVINCIA DE LINARES
AGRÍCOLA GARCÉS (BODEGA)	VALLE CENTRAL INTERIOR PROVINCIA DE LINARES



# Resultados

# Procedimiento



# 1. Modelo de estimación de peso

Estadística

Matemática

Regresión lineal múltiple

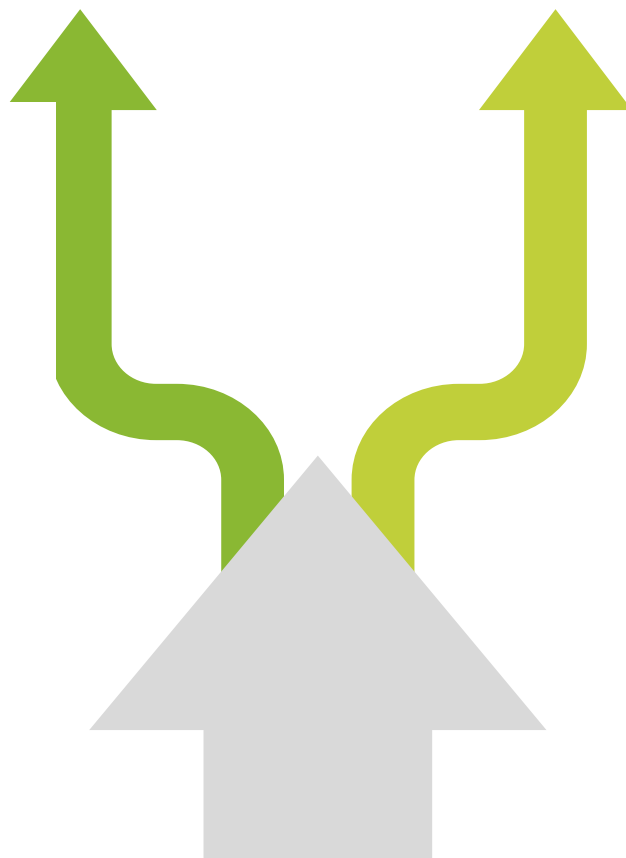
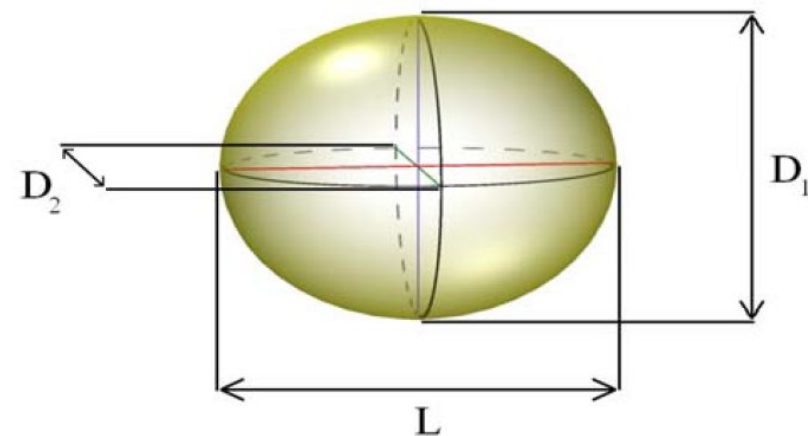
$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_nx_n + b$$

Variable dependiente

$a_{1..n}$  Coeficientes

$x_{1..n}$  Variables independientes

Volumen



# Modelo de estimación de peso (P)

$$P = \alpha \cdot L \cdot D_1 \cdot D_2$$

P: peso del fruto (en gramos)

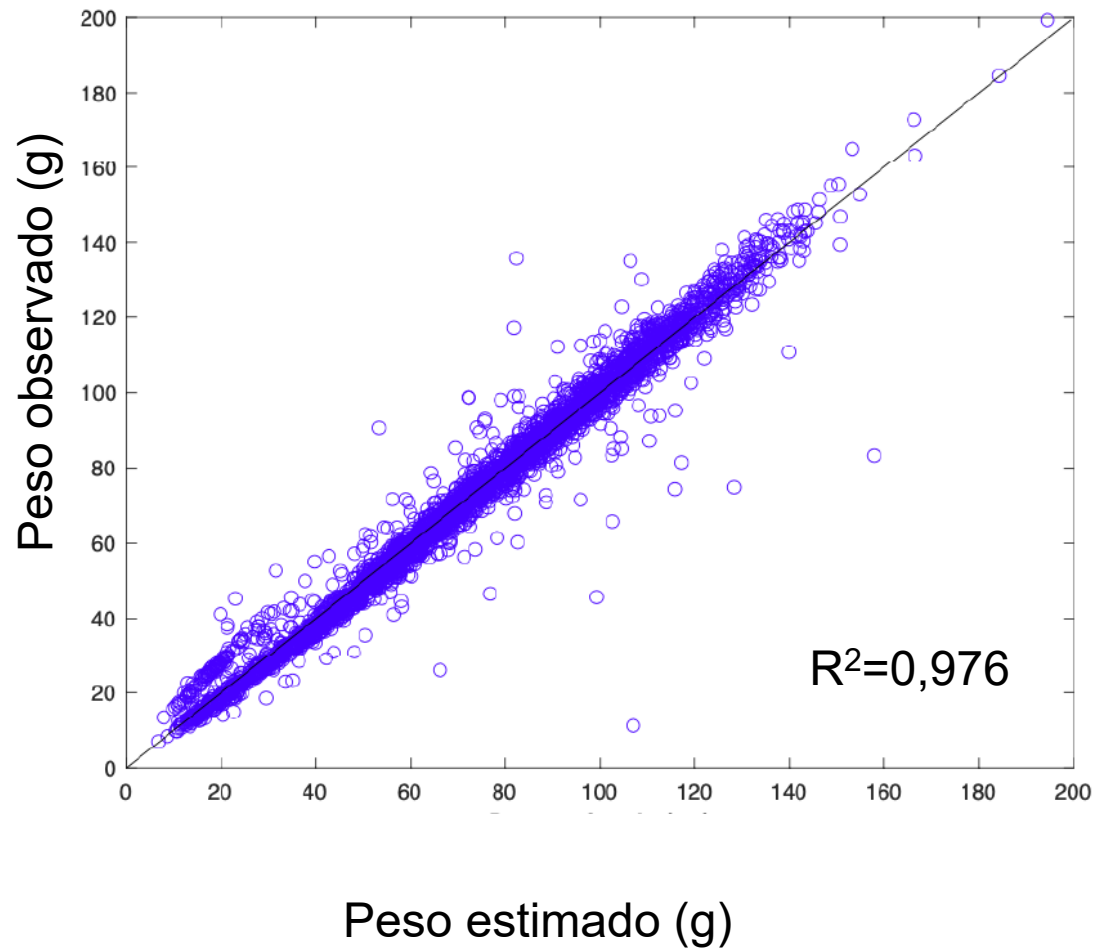
L: largo del fruto (en mm)

$D_1$ : diámetro ecuatorial mayor (en mm)

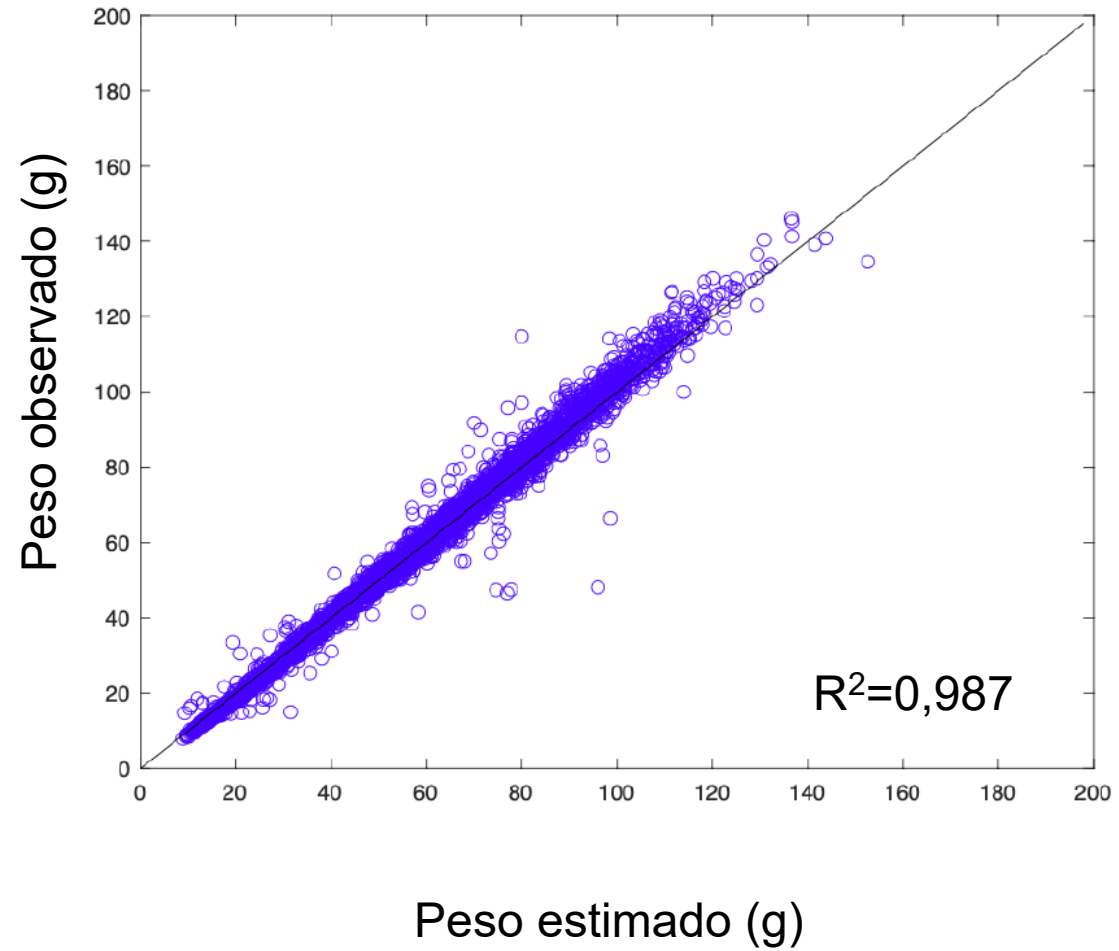
$D_2$ : diámetro ecuatorial menor (en mm)

$\alpha$ : parámetro de ajuste del modelo

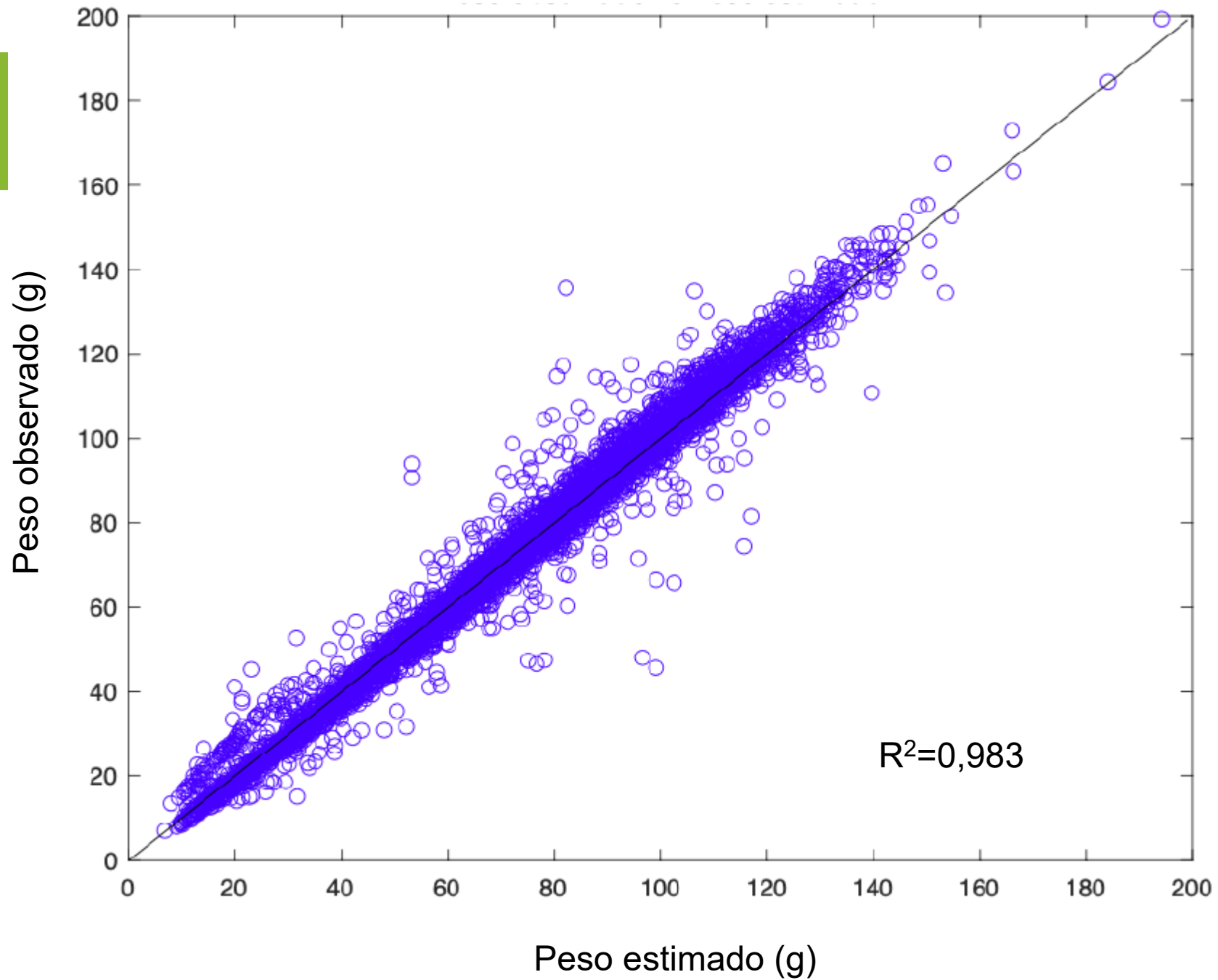
## Huerto Santa Laura



## Huerto Agrizano



Todos los huertos





# Modelo de estimación de peso (P)

$$P = \alpha \cdot L \cdot D_1 \cdot D_2$$

P: peso del fruto (en gramos)

L: largo del fruto (en mm)

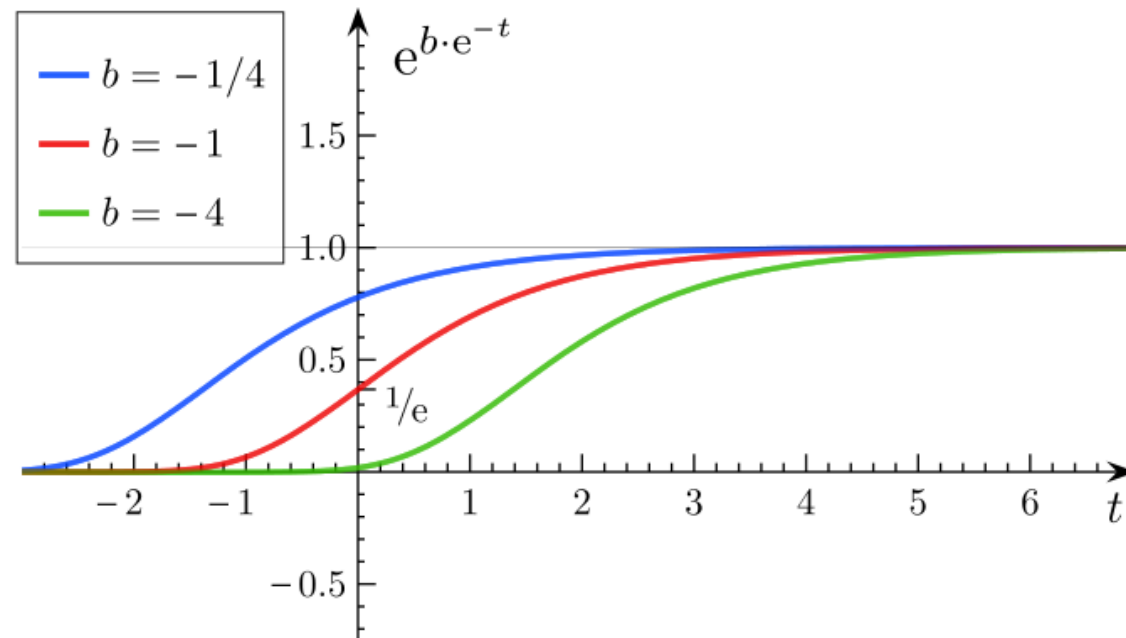
$D_1$ : diámetro ecuatorial mayor (en mm)

$D_2$ : diámetro ecuatorial menor (en mm)

$\alpha$ : parámetro de ajuste del modelo

## 2. Selección de modelos para crecimiento de frutos

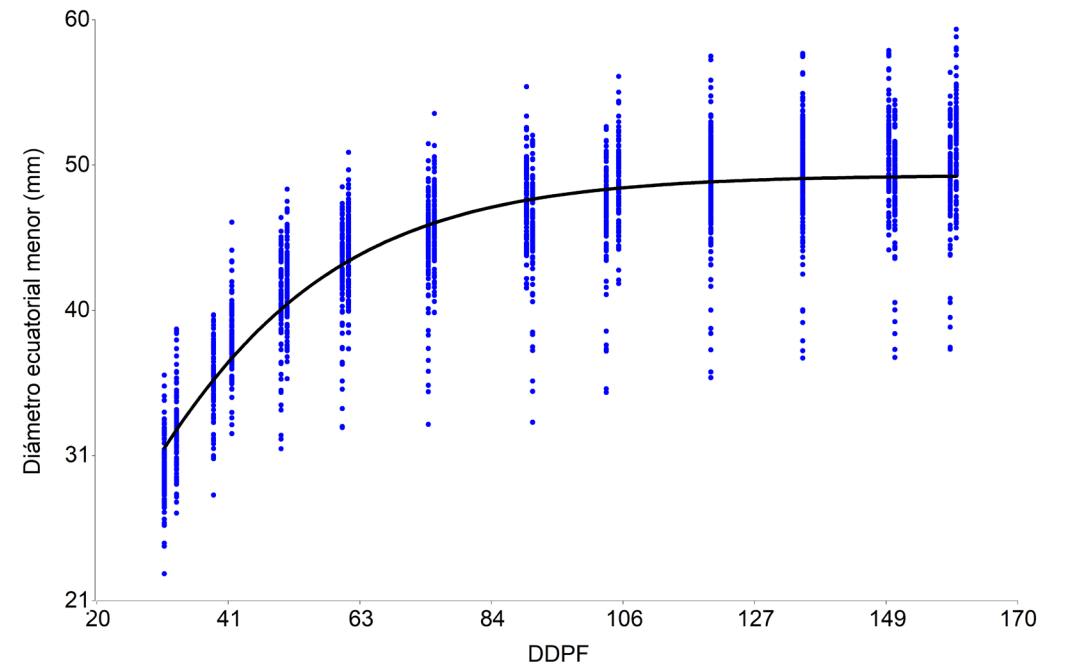
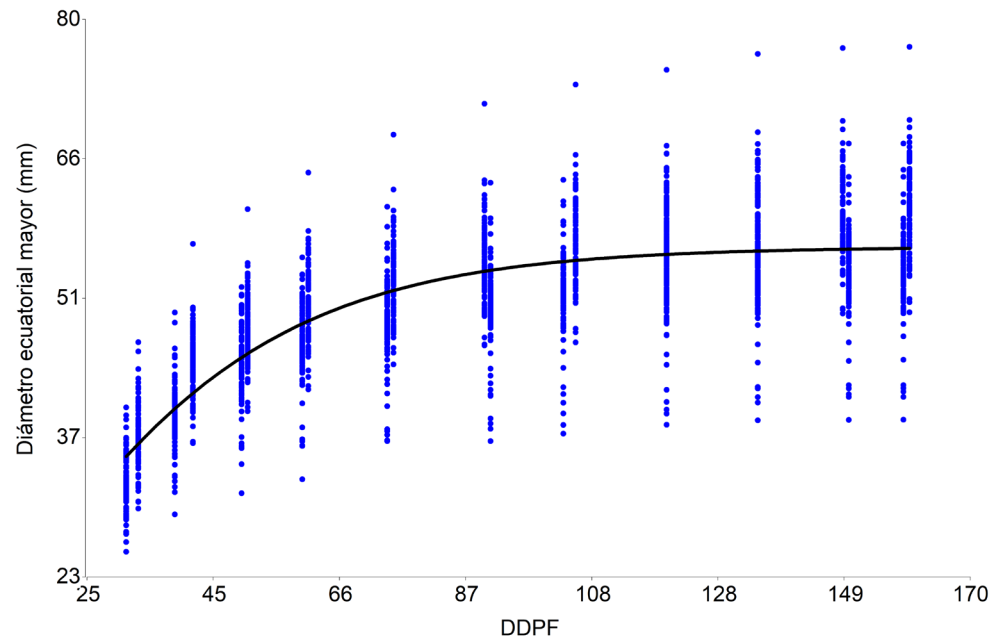
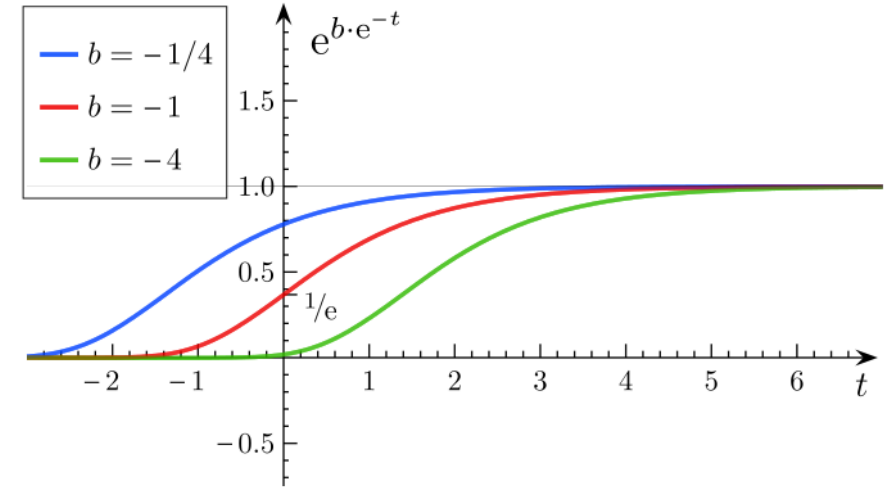
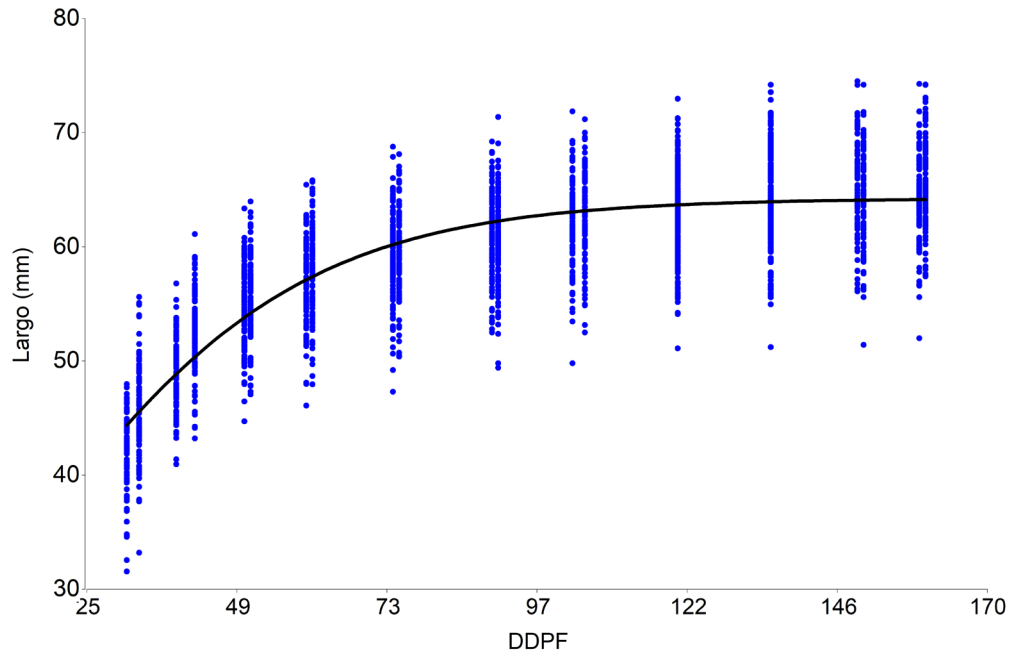
### Modelo no lineal Gompertz



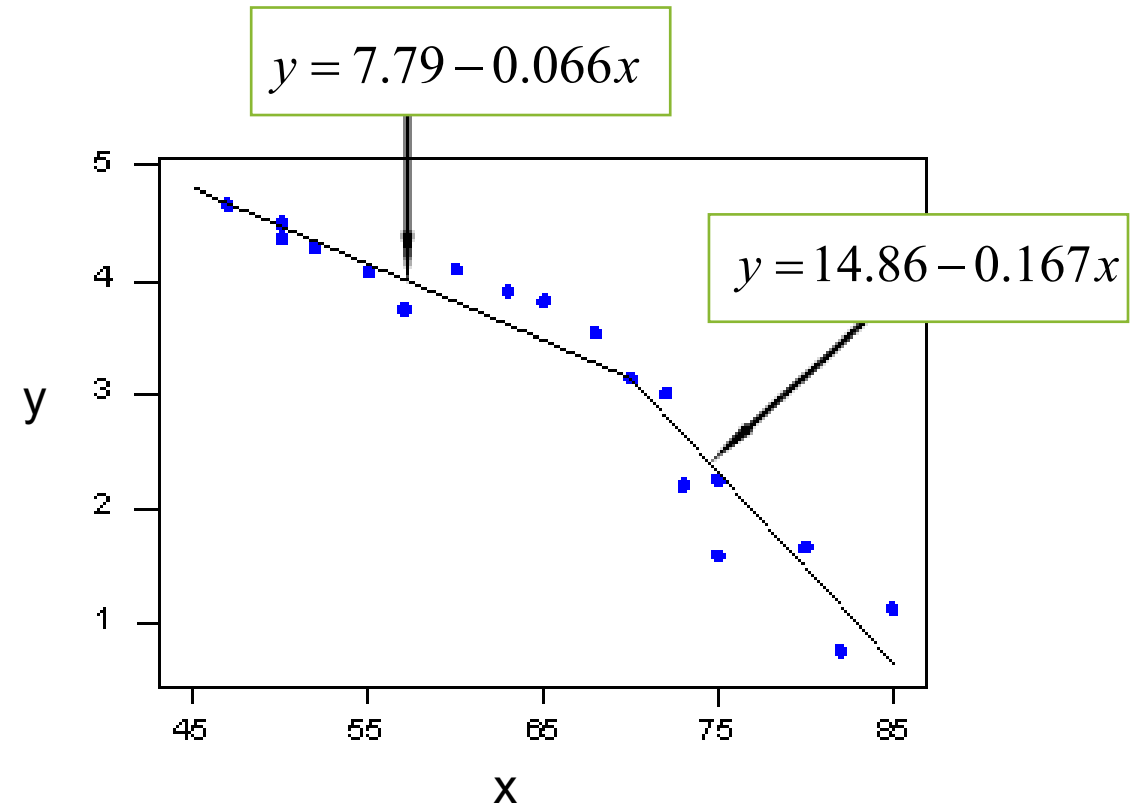
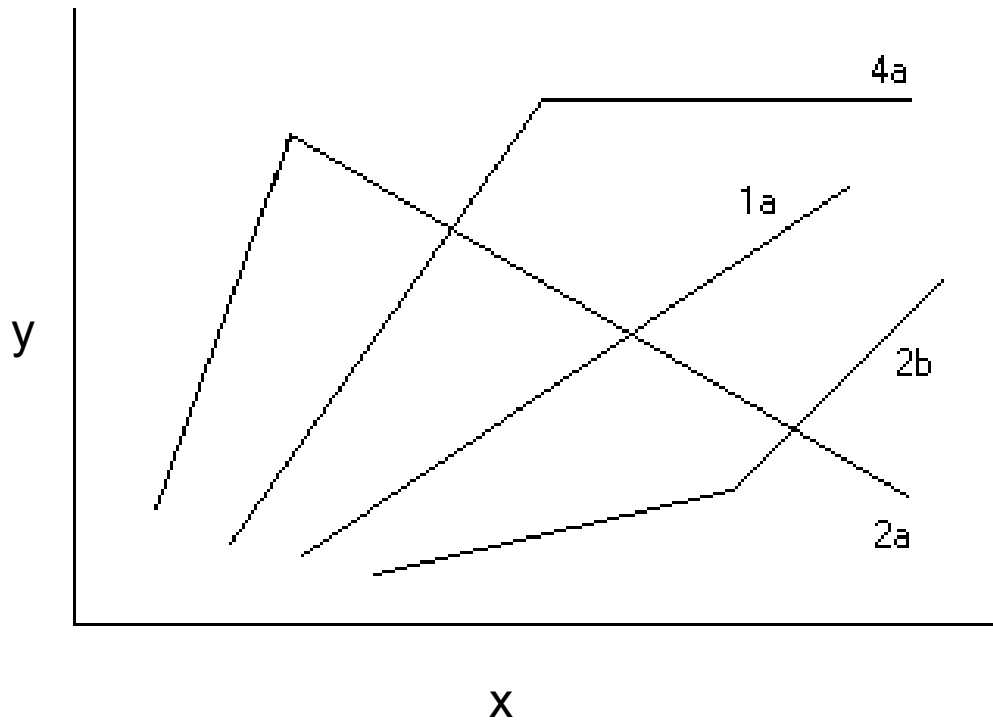
$$f(t) = ae^{-be^{-ct}}$$

# Modelo no lineal Gompertz

$$f(t) = ae^{-be^{-ct}}$$

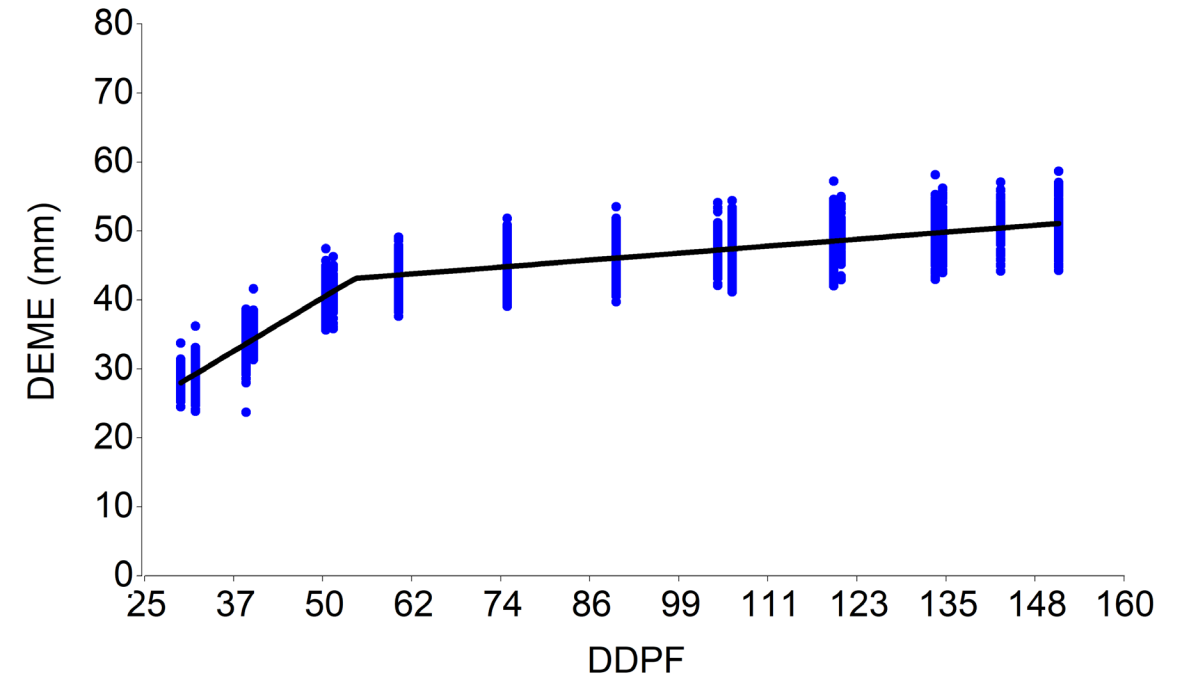
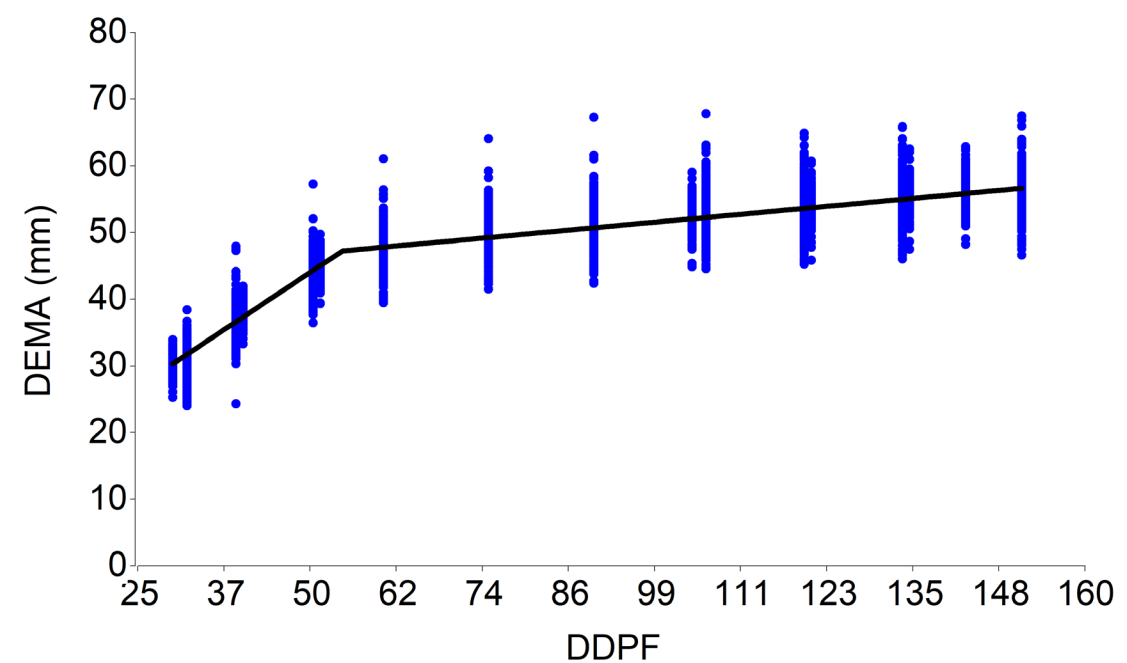
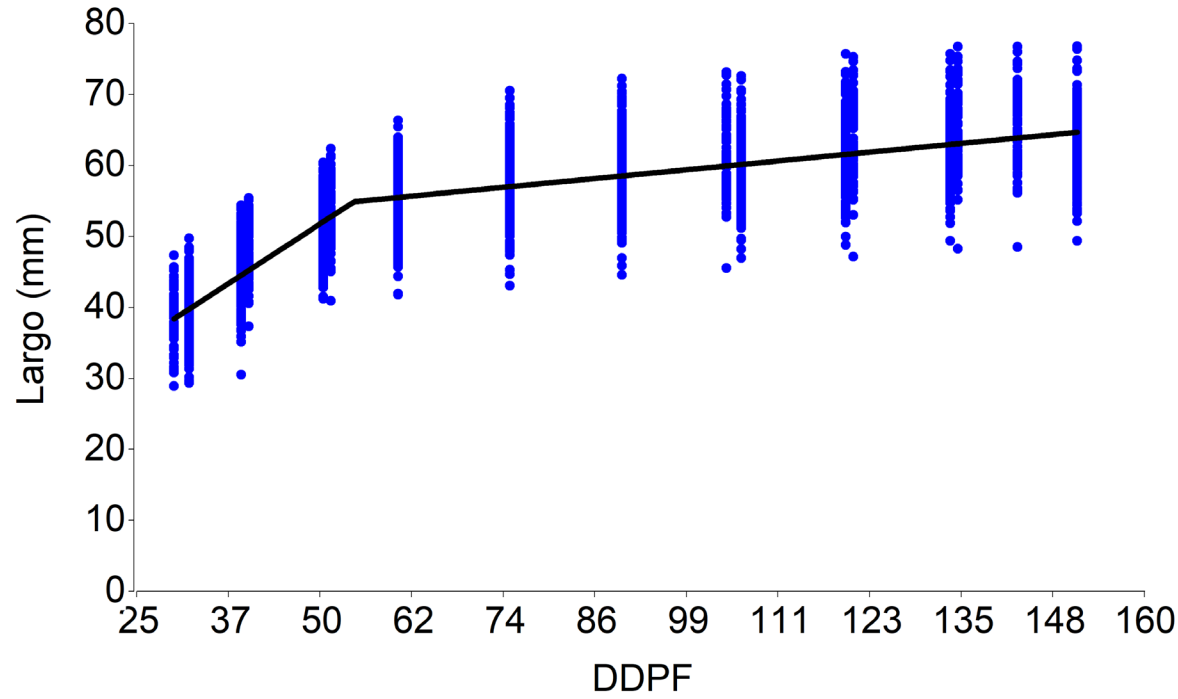


# Modelo no lineal segmentado



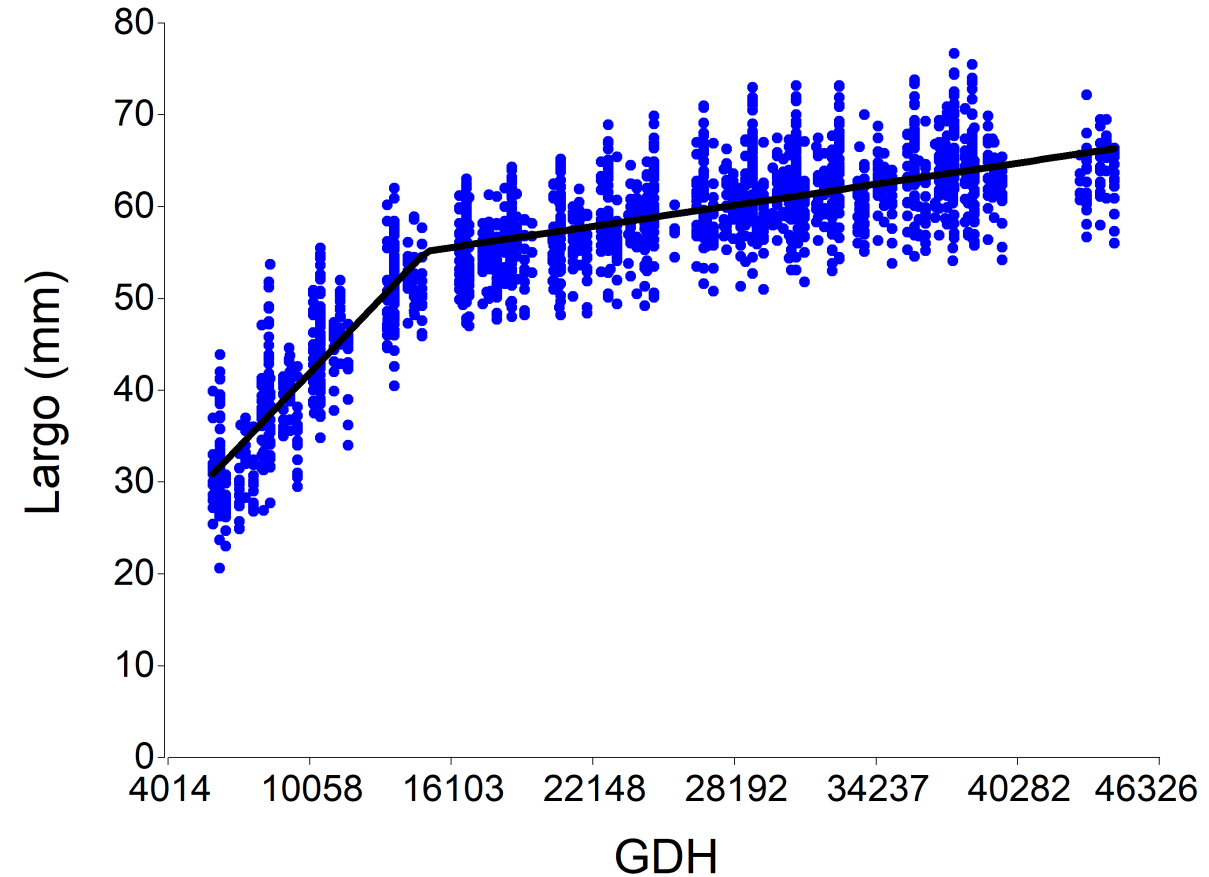
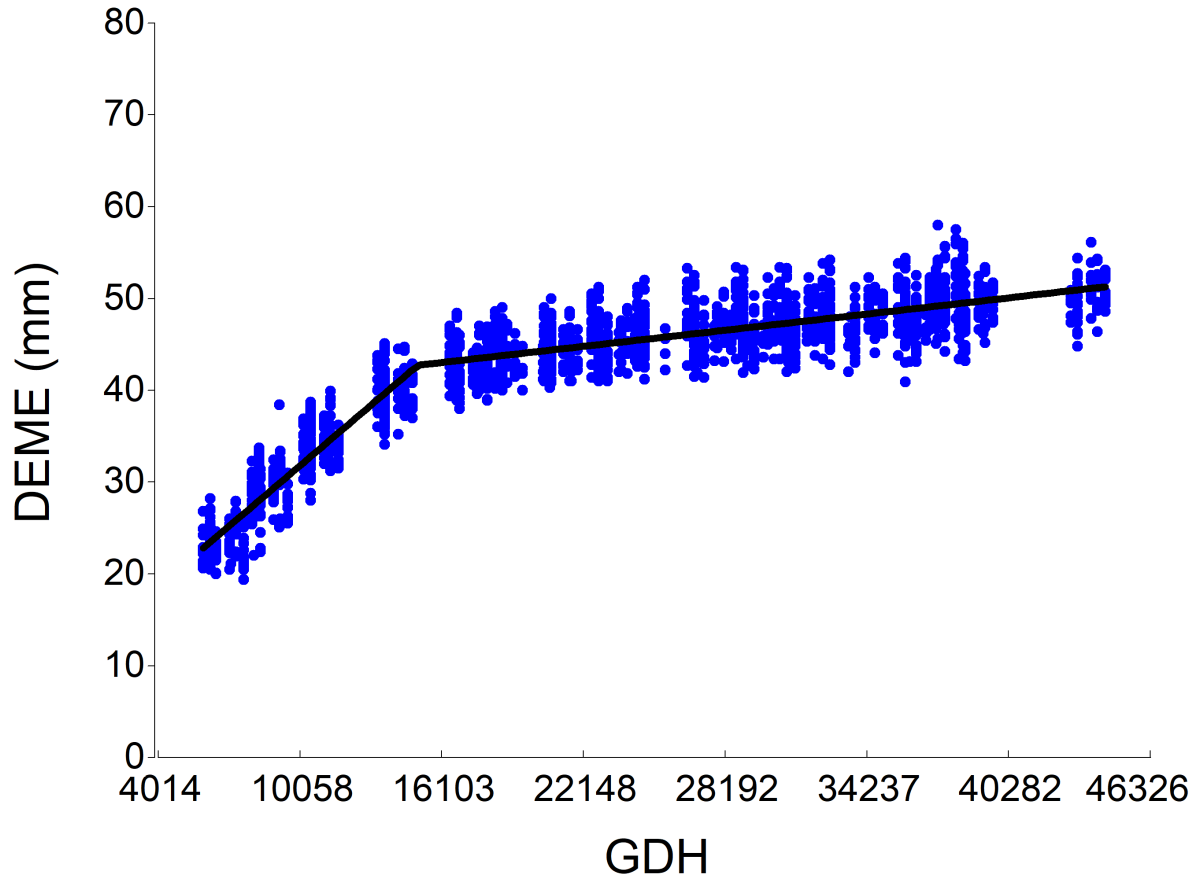


## Modelo no lineal segmentado



Fondecyt 11180892

# Modelación Dinámica de la polinización en kiwi: efecto de la temperatura en los polinizantes y el período de polinización efectiva (PPE)



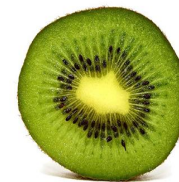
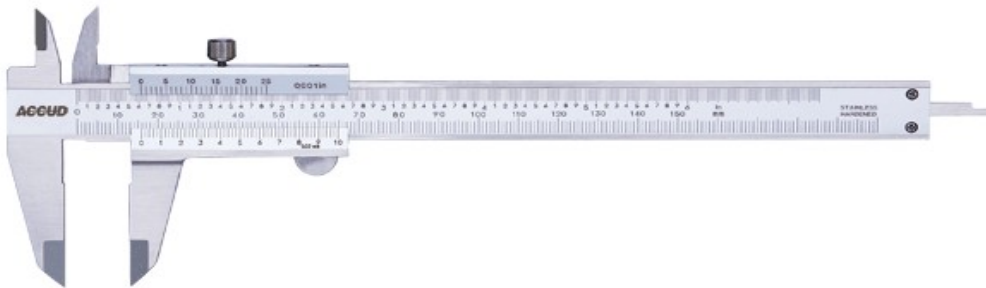
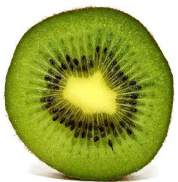
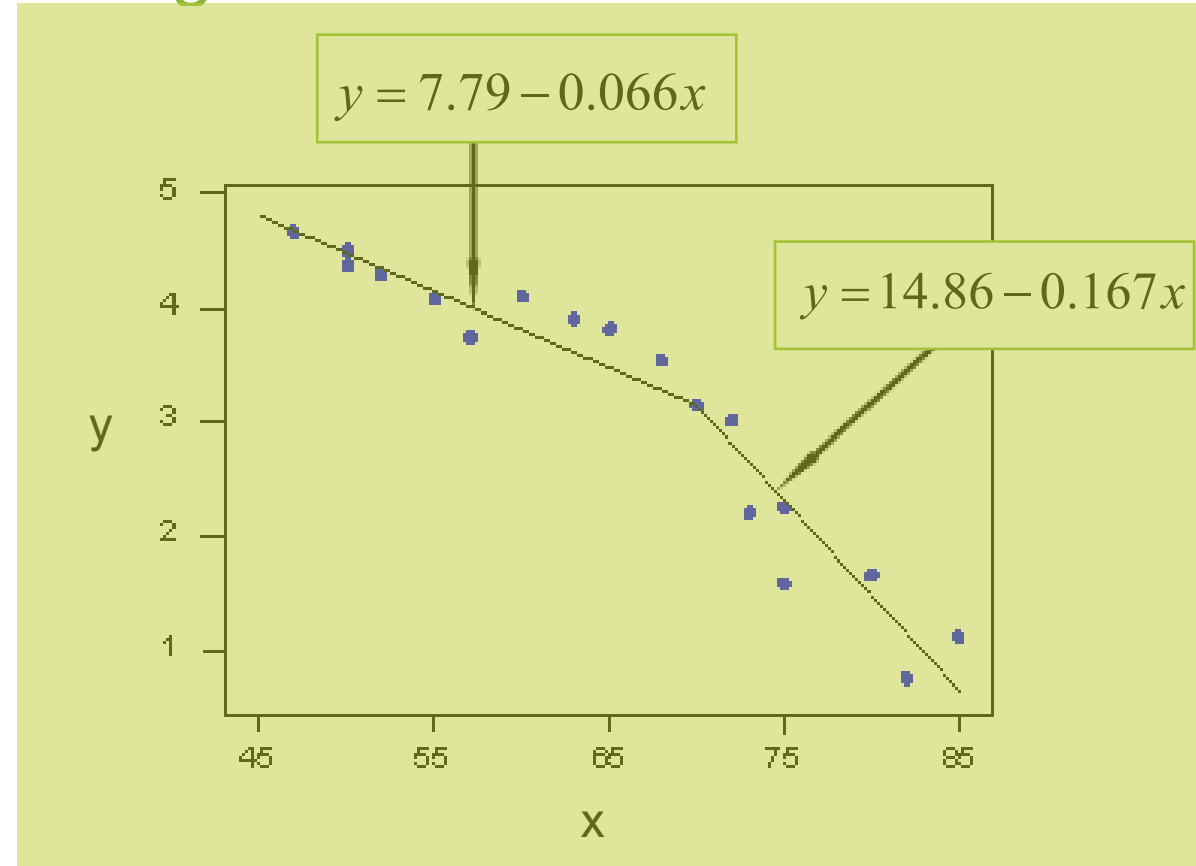
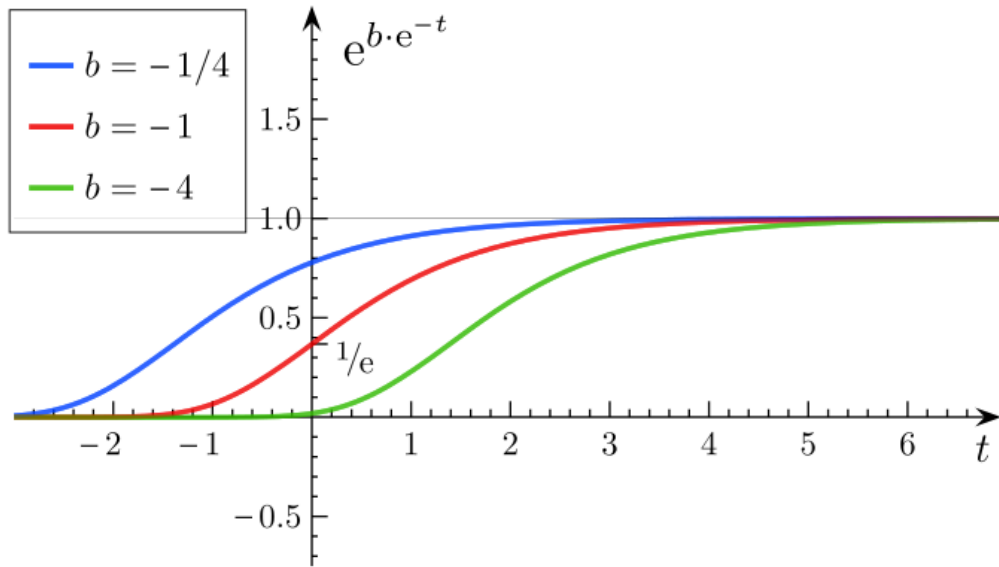
# Modelo no lineal segmentado

- Estima fácilmente cuando ocurre el cambio de tasa de crecimiento

Variable	Todos los datos	AGRIZANO	SANTA LAURA
LARGO	54.13 DDPF	60.56 DDPF	53.13 DDPF
DEMA	54.13 DDPF	54.39 DDPF	53.27 DDPF
DEME	53.97 DDPF	54.16 DDPF	53.26 DDPF

- Permite visualizar directamente las tasas de crecimiento de cada fase

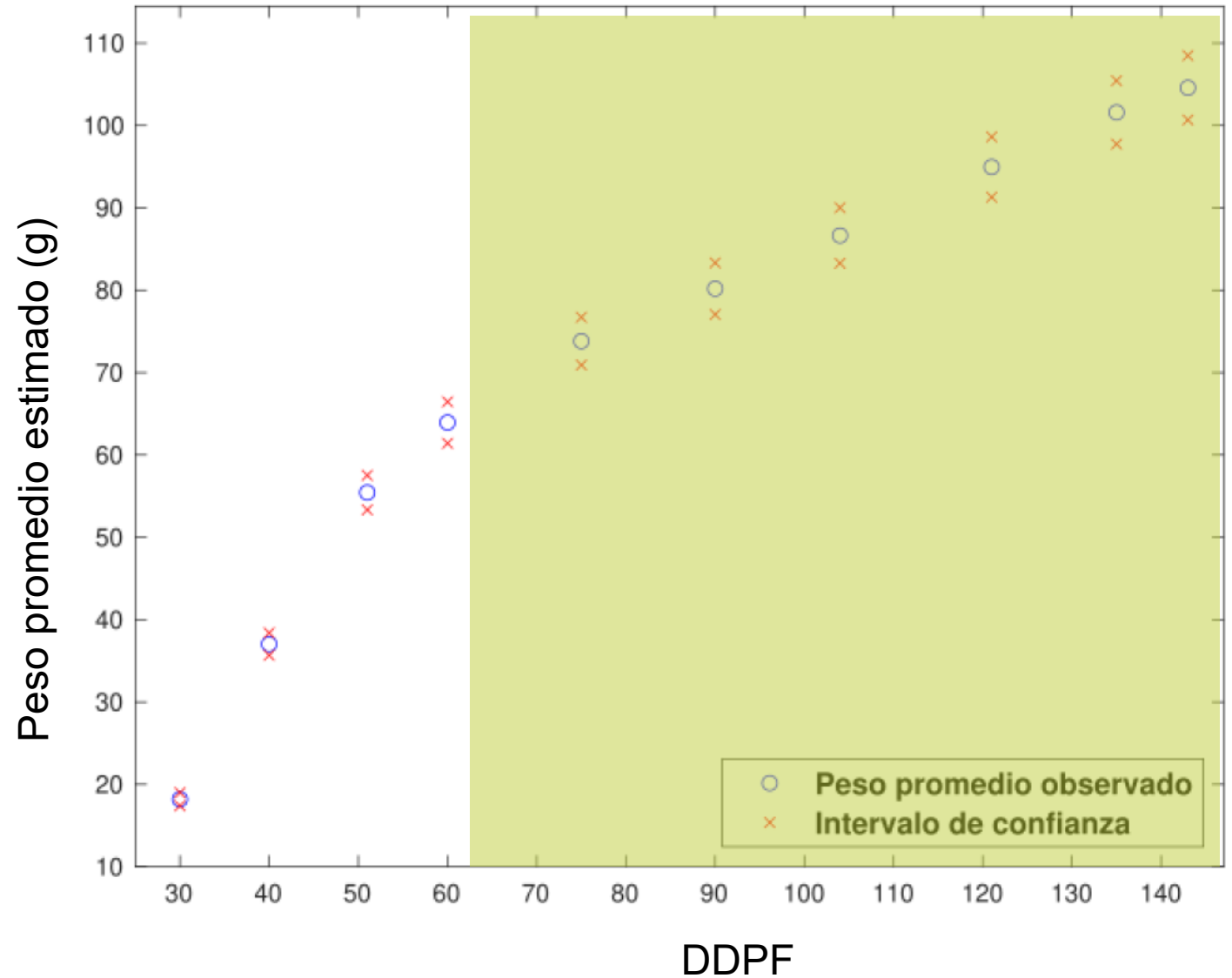
# Comparación de modelos Gompertz vs No lineal segmentado





# Modelo de crecimiento de frutos

Finalmente, se utilizará un modelo lineal para el peso promedio y la desviación estándar.



# Modelo de crecimiento de frutos

Para peso promedio:  $P_{\mu}(t) = P_{0,\mu} + r_{\mu}t$

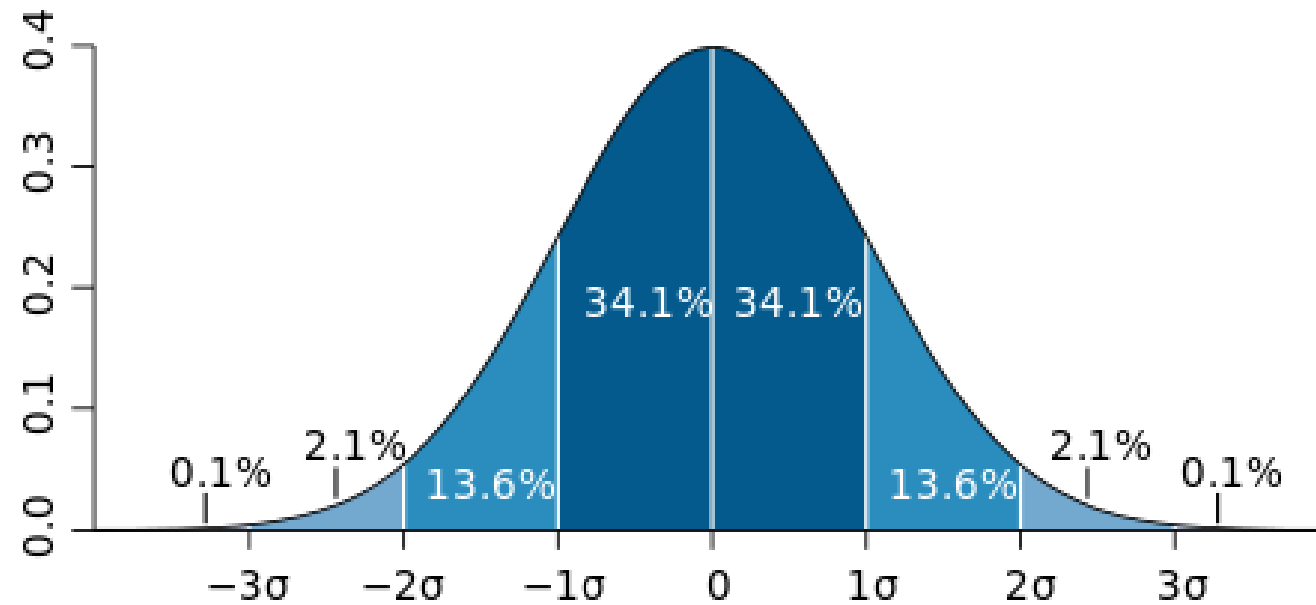
- $P_{\mu}$  es el peso promedio para cada tiempo  $t$ .
- $P_{0,\mu}$  es un parámetro del modelo.
- $r_{\mu}$  es un parámetro del modelo.
- $t$  es el tiempo medido en DDPF (días).

# Modelo de crecimiento de frutos

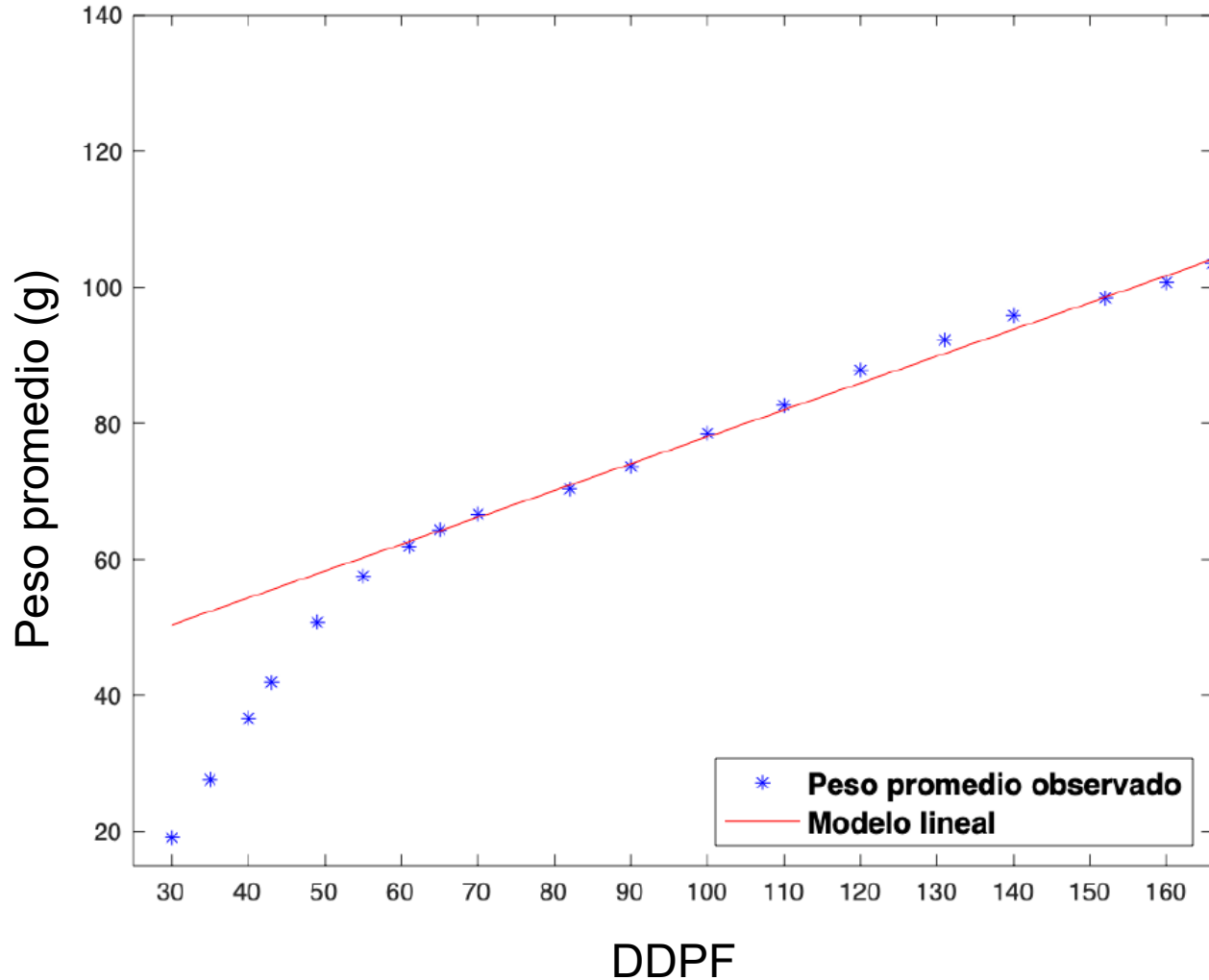
Para la desviación estándar:  $P_{\sigma}(t) = P_{0,\sigma} + r_{\sigma}t$

- $P_{\sigma}$  es la desviación del peso promedio para cada tiempo  $t$ .
- $P_{0,\sigma}$  es un parámetro del modelo.
- $r_{\sigma}$  es un parámetro del modelo.
- $t$  es el tiempo medido en DDPF (días).

# Distribución de calibre



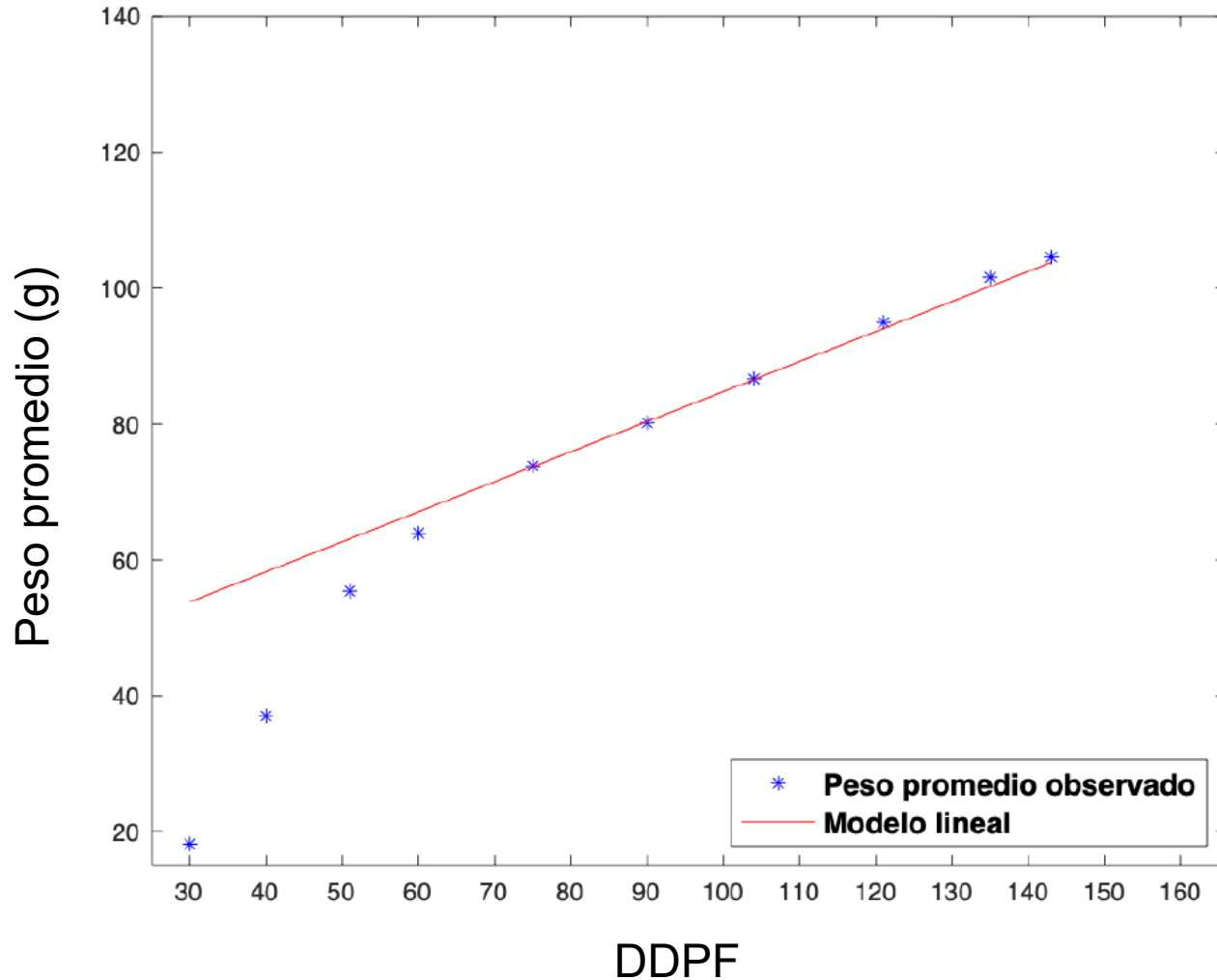
# 3. Validación del modelo



## Huerto Santa Laura 2020-2021

Comparación modelo lineal y peso promedio observado. El modelo lineal se estimó utilizando los datos obtenidos en DDPF=70, 82, 90, 100 (4 puntos).

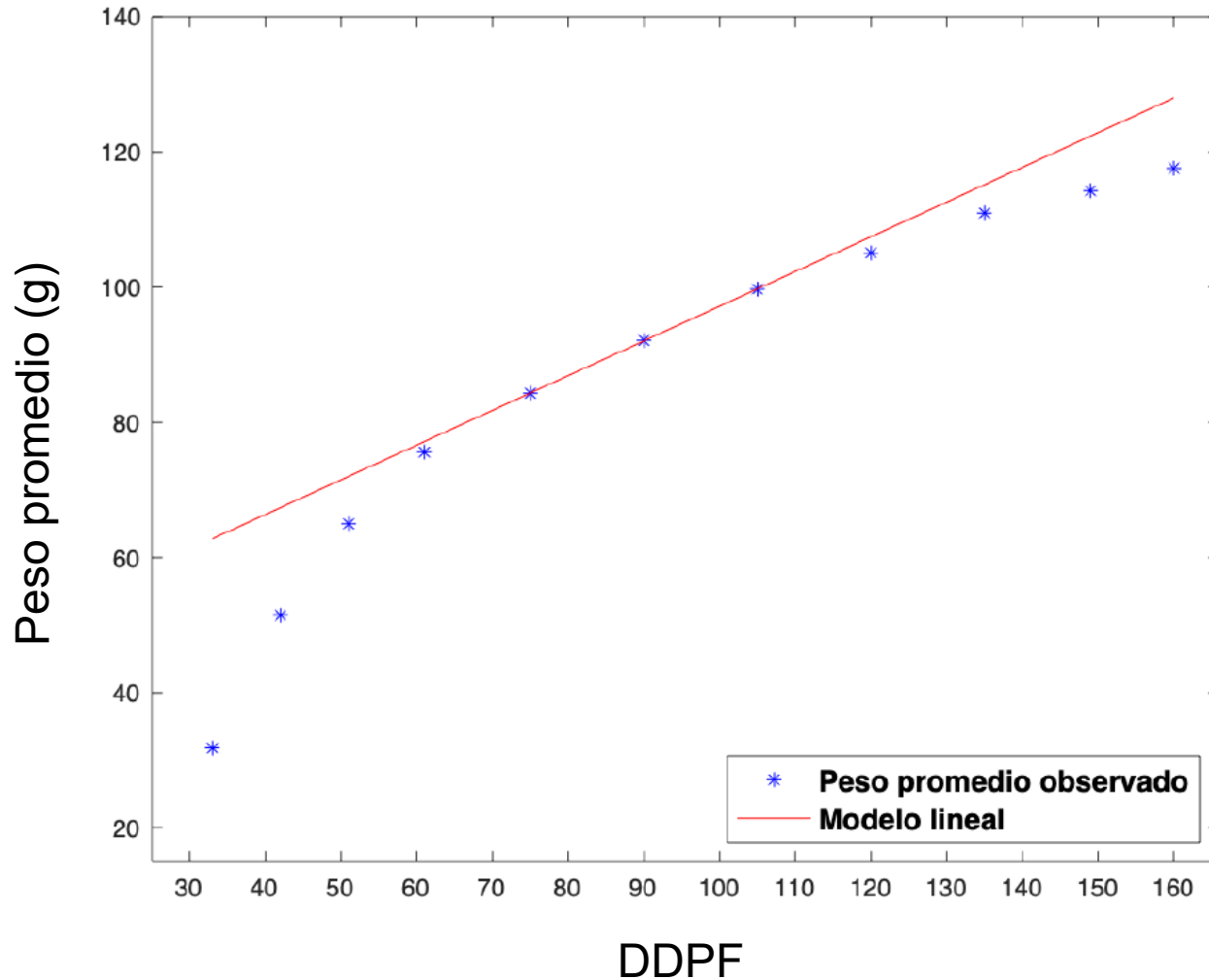
# 3. Validación del modelo



## Huerto Santa Laura 2019-2020

Comparación modelo lineal y peso promedio observado. El modelo lineal se estimó utilizando los datos obtenidos en DDPF=75, 90, 104 (3 puntos).

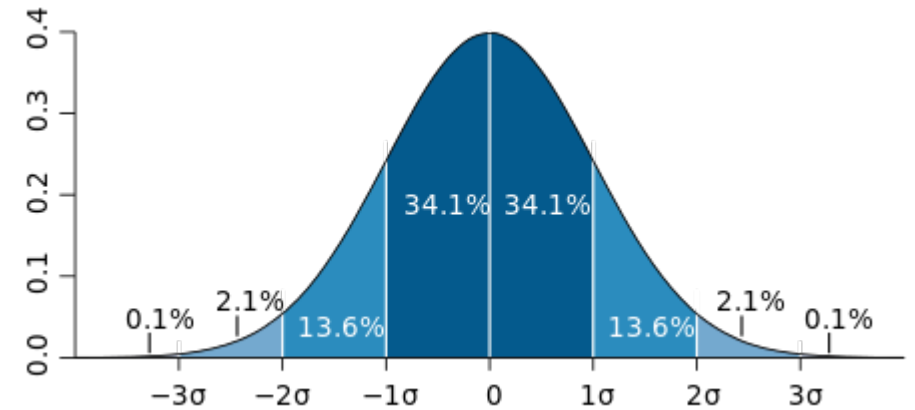
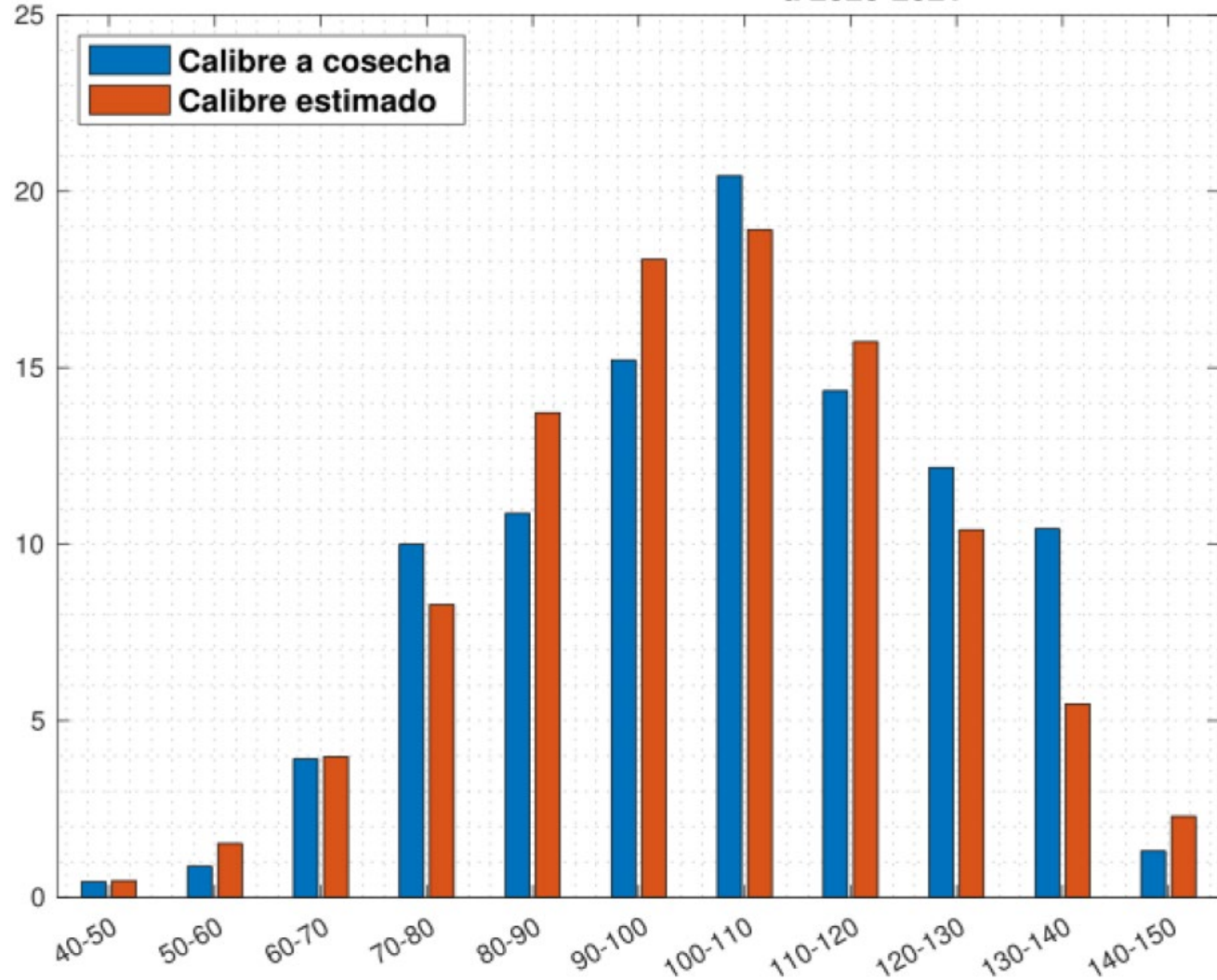
# 3. Validación del modelo



## Huerto Santa Laura 2018-2019

Comparación modelo lineal y desviación peso observado. El modelo lineal se estimó utilizando los datos obtenidos en DDPF=75, 90, 105 (3 puntos).

# Distribución de calibre

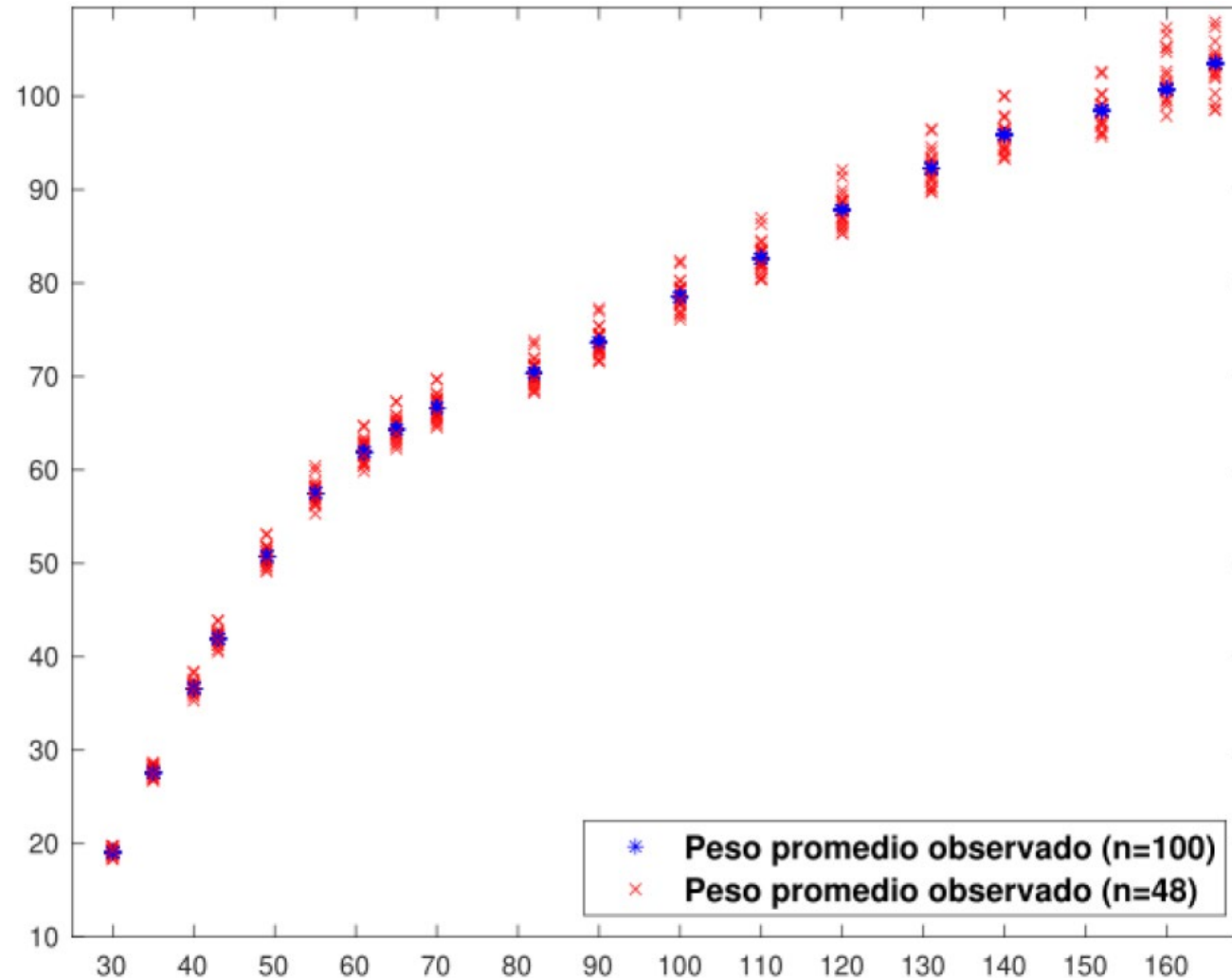




# 4. Recomendaciones para puesta en marcha de la metodología de predicción

- La metodología considera el uso de mediciones no destructivas de frutos por lo que se requiere del seguimiento de una muestra aleatoria de frutos en diferentes plantas.
- El modelo lineal entrega una buena estimación del promedio y desviación del peso. Las aproximaciones obtenidas con 3 o 4 puntos entre los DDPF 70 y 100 tienen un error de sobreestimación inferior al 5%.
- El modelo no mejora al realizar mediciones más seguidas (con una diferencia de al menos de 7 días).
- A medida que se obtienen más mediciones (siempre con una diferencia de al menos 7 días) el error de sobreestimación va disminuyendo.
- En general la aproximación obtenida con el modelo lineal es bastante precisa hasta aproximadamente el día DDPF=140. Luego de ese día, el modelo sobreestima el promedio y la desviación.

# Tamaño de muestra



Con un tamaño de muestra de 48 frutos tenemos un error relativo menor al 5%.

# Conclusiones

- Se observa que el modelo de estimación de peso, independiente del DDPF, predice con alta precisión el peso a partir de las mediciones lineales. En efecto, el coeficiente de determinación  $R^2$  es cercano a 1.
- Se propone usar el modelo no lineal segmentado, pues los modelos de Gompertz presentan poca capacidad de predicción al utilizar pocos datos.
- El peso promedio y la desviación estándar del peso permiten estimar adecuadamente el calibre a cosecha. La estimación del peso promedio (para cada DDPF) es preciso con un error relativo de estimación menor al 5%.
- Se observa que el peso promedio estimado con la muestra completa ( $n=100$ ) y las submuestras de tamaño  $n=48$  es similar, observándose diferencias menores al 5% (error relativo).

Proyecto apoyado por



16PTECFSS-66641/ Proyecto 3

# DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PREDICTIVA PARA LA ESTIMACIÓN DE CALIBRE EN KIWI

## RESULTADOS

Catalina Pinto Palacios

[catalina.pinto@uoh.cl](mailto:catalina.pinto@uoh.cl)

Universidad de O'Higgins

