

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

PREDICCIÓN TEMPRANA DE TAMAÑO FINAL DE FRUTO Y PORCENTAJE DE
CALIBRES COMERCIALES A COSECHA EN VARIEDADES CÍTRICAS.

Por

Vivian SEVERINO

TESIS presentada como uno de
Los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Producción Vegetal Intensiva)

MONTEVIDEO

URUGUAY

2003

Tesis aprobada por:

Director: _____
Jorge Franco

Alfredo Gravina

Enrique Supino

Fecha: 19 de diciembre de 2003.

Autor: _____
Vivian Severino

*A todos aquellos, docentes, compañeros, amigos
y familiares, que han acompañado este proceso,
dedicando tiempo, esfuerzo
y apoyándome siempre que fue necesario.*

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

	Página
Cuadro 1: Número de plantas por edad cronológica según variedad.	2
Figura 1: Representación gráfica del modelo logístico.	8
Figura 2: Representación gráfica del modelo de Mitscherlich-Spillman.	9
Cuadro 2: Información de los ensayos: variedad, localización, ciclo productivo, n° de tratamientos ensayados y origen de los datos correspondientes a cosecha.	13
Cuadro 3: Número de situaciones productivas, número de árboles muestreados y número de mediciones de frutos por variedad y total.	14
Cuadro 4: Fechas de cosecha previstas según variedad, fechas de floración, fechas de cosecha y períodos floración cosecha observados en los distintos ensayos.	18
Cuadro 5: Estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la ecuación de Mitscherlich-Spillman según variedad, zona y ciclo productivo en variedades de cosecha temprana.	19
Cuadro 6: Medias de los estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 del modelo de Mitscherlich-Spillman según variedad	19
Figura 3: Curva de crecimiento de las variedades Clementina de Nules y Nova, modelada según la ecuación de Mitscherlich-Spillman.	20
Cuadro 7: Calibre medio estimado de fruto, calibre medio de fruto en cosecha e intervalo de confianza para la estimación con $\alpha=0.5$, límites inferior, L_{95} , y superior, U_{95} , según situación productiva en variedades de cosecha temprana.	21
Cuadro 8: Fechas de cosecha previstas según variedad, fechas de floración, fechas de cosecha y períodos floración cosecha observados en los distintos ensayos.	22

Cuadro 9:	Estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la ecuación de Mistcherlich-Spilman para la Variedad Ellendale.	23
Cuadro 10:	Estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la ecuación de Mistcherlich-Spilman para la Variedad Valencia	24
Cuadro 11:	Medias de los estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 del modelo de Mitscherlich-Spillman según variedad.	25
Figura 4:	Curva de crecimiento de las variedades Valencia y Ellendale, modelada según la ecuación de Mitscherlich-Spillman.	25
Cuadro 12:	Calibre promedio estimado de fruto, calibre promedio observado de fruto en cosecha e intervalo de confianza para la estimación con $\alpha=0.5$, límites inferior, L_{95} , y superior, U_{95} , según situación productiva en variedades de estación y de cosecha tardía.	26
Figura 5:	Evolución del porcentaje de frutos potencialmente comercializables por situación productiva en la variedad Valencia.	27
Figura 6:	ejemplos de ajuste del modelo segmentado a la evolución de la proporción de frutos en calibres potencialmente comercializables para la variedad Valencia, a. Situación productiva nº 3, b. Situación productiva nº 23, c. Situación productiva nº 34.	29
Cuadro 13:	Valores de X_0 , a y b y sus errores estándar, obtenidos de la modelación del porcentaje de frutos con calibre potencialmente comercializable para cada situación productiva en la variedad Valencia.	30
Figura 7:	Valores de X_0 por árbol, (a) Clementina de Nules, (b) Nova, (c) Ellendale.	31
Cuadro 14:	Media de X_0 , y desvío estándar por variedad y ciclo productivo	32
Cuadro 15:	Número de valores de X_0 totales por variedad y ciclo productivo y % de valores anulados en cada combinación	32

Cuadro 16: Días post floración y fecha en que se realizó la predicción, porcentaje predicho de frutos con calibre comercial, intervalo de confianza de la predicción (Li, Ls) y porcentajes de frutos en calibres comerciales obtenido en packing.

34

TABLA DE CONTENIDOS

PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	IV
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	1
2.1. PRODUCCION CITRICOLA EN URUGUAY	1
2.2. PREDICCIÓN DE TAMAÑO FINAL DE FRUTOS	3
2.3. MODELOS MATEMATICOS UTILIZADOS EN LA MODELACION DEL CRECIMIENTO DE FRUTOS	4
Modelos lineales de regresión	5
Modelos de regresión no lineales	6
2.4. CRECIMIENTO DEL FRUTO CÍTRICO	9
2.5. DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES	11
Clementina de Nules	11
Nova	11
Ellendale	12
Valencia	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL	12
3.2. MODELACIÓN DEL CRECIMIENTO DE FRUTOS (DIÁMETRO ECUATORIAL)	14
3.3. MODELACIÓN DEL PORCENTAJE DE FRUTOS COMERCIALIZABLES	15
3.4. DETERMINACIÓN DEL MOMENTO DE PREDICCIÓN	16
3.5. PREDICCIÓN TEMPRANA DEL TAMAÑO MEDIO DE FRUTO	16
3.6. PREDICCIÓN DE PORCENTAJE DE FRUTA DE TAMAÑO COMERCIAL	16
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	17
4.1. MODELACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PREDICCIÓN DE TAMAÑO MEDIO EN VARIEDADES DE COSECHA TEMPRANA	17
Clementina de Nules y Nova	17
Modelación del crecimiento de frutos	18
Predicción temprana del tamaño medio de frutos	20
4.2. MODELACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PREDICCIÓN DE TAMAÑO MEDIO EN VARIEDADES DE COSECHA TARDÍA	21
Ellendale y Valencia	21
Modelación del crecimiento de los frutos	22

	Validación de los modelos de predicción temprana del tamaño de fruto	26
4.3.	MODELACIÓN DEL PORCENTAJE DE FRUTOS CON CALIBRE COMERCIAL	27
4.4.	PREDICCIÓN TEMPRANA DEL PORCENTAJE DE FRUTOS COMERCIALIZABLES	33
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	35
6.	<u>RESUMEN</u>	37
7.	<u>SUMMARY</u>	38
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	39
9.	<u>ANEXOS</u>	42

1. INTRODUCCIÓN.

La producción cítrica de Uruguay tiene como principal objetivo la exportación de fruta para consumo en fresco a mercados con altos niveles de exigencia en cuanto a calidad de fruta, como lo es el mercado Europeo, alcanzando a exportar en los últimos cinco años un volumen cercano al 40% de su producción (Uruguay, M.G.A.P. 1999, 2000, 2001, 2002, 2003). Teniendo en cuenta que los volúmenes comercializados por nuestro país representan un porcentaje menor de lo comercializado desde el hemisferio sur, se hace necesario para nuestra producción contar con buenas herramientas de comercialización.

Uno de los parámetros de calidad de fruto que definen la posibilidad de exportación es el tamaño de fruta. Una herramienta de gran utilidad a la hora de definir mercados y necesidades para el procesamiento de la fruta es conocer con anterioridad a la cosecha cuales serán las características de la producción de la temporada en referencia al tamaño promedio y distribución de calibres, de modo de poder conocer el volumen de fruta que cumplirá las exigencias de los distintos mercados. Este trabajo tiene como objetivos encontrar modelos matemáticos que describan con cierto grado de certeza el crecimiento de los frutos y la proporción de los mismos que puede clasificarse como potencialmente comercializables para las variedades cítricas Clementina de Nules, Valencia, Nova y Ellendale. Así como obtener una predicción confiable del tamaño medio del fruto en cosecha y del porcentaje de frutos que se encontrarán dentro del rango de frutos comercializables para cada una de las variedades.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. PRODUCCION CITRÍCOLA EN URUGUAY.

La citricultura en Uruguay experimenta, a partir del inicio de la década del 70, una importante transformación, reorientándose hacia la exportación de fruta fresca, principalmente con destino al hemisferio norte (Gravina, 1999).

Esta nueva orientación en la producción imprimió entre otros, un cambio importante en la constitución del panorama varietal, con aumento en la producción de mandarinas, estancamiento en la producción de naranjas y disminución importante de pomelos (Gravina, 1999). En los 15 años previos a 1996 las variedades Clementina de Nules y Nova han ido experimentando aumentos importantes en el número de plantas, Ellendale y Valencia si bien han disminuido sus plantaciones continúan manteniendo un porcentaje importante y poco variable dentro de sus respectivos grupos, mientras que entre otros la mandarina híbrida, los pomelos con semillas y la naranja común, mostraron plantaciones muy reducidas en los últimos años. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Número de plantas por edad cronológica según variedad.

Variedad	Total	0-3 años	4-6 años	7-10 años	11-15 años	+ de 15 años
N. Valencia	1.480.683	46.727	61.503	172.948	375.987	823.518
N. Común	3.017	0	0	225	600	2.192
N. Hamlin	24.542	0	300	208	14.099	9.935
Total Naranjas	2.703.891	220.574	318.145	473.233	649.045	1.042.732
M. Ellendale	621.604	90.862	64.924	90.444	131.193	191.117
M. Clementina	183.719	109.966	26.002	21.586	2.216	23.949
M. Nova	328.090	173.566	112.906	29.469	8.899	3.250
M. Híbrida	164.757	822	1.253	12.596	37.512	112.574
Total Mandarinas	2.768.798	663.685	384.124	519.344	552.374	649.271
P. con semilla	5.922	0	35	1.377	0	4.510
Total Pomelos	217.182	39.107	29.194	37.810	40.517	70.554

Elaborado en base a datos del Censo Nacional Citrícola, 1997.

Las variedades a las que haremos referencia son de gran importancia en la producción cítrica nacional, ya sea por formar parte de las variedades de más reciente producción en el país como Clementina de Nules y Nova, por representar el 55% de la producción de naranjas en el caso de Valencia o por ser la de mayor producción dentro de las de su grupo (mandarinas de recolección tardía) como es el caso de Ellendale.

2.2. PREDICCIÓN DE TAMAÑO FINAL DE FRUTOS.

Para las condiciones y objetivos del cultivo de cítricos en nuestro país y teniendo en cuenta las altas exigencias en los mercados internacionales en cuanto a calidad, es necesario pronosticar con anterioridad a la cosecha el tamaño final de la fruta. Esta variable define en gran medida el precio de comercialización de la fruta y su mercado de destino (Ortega, et al. 2002). Los distintos mercados consumidores tienen preferencias por frutos de diferentes calibres, ejemplo de ello son, las exigencias de tamaños grandes de los consumidores estadounidenses (Muñoz, 1997) y la preferencia por los calibres pequeños que manifiesta el mercado de Québec, Canadá (Arnal, 1987).

Debido a esto, la predicción de calibre puede constituir para la industria, una herramienta útil para la negociación y además ayudaría a programar las cosechas y el aprovisionamiento de materiales de embalaje del tamaño apropiado (Bozzolo, et al. 1988).

La predicción se define como una estimación a futuro, una apuesta a posibles resultados que se espera ocurran si las condiciones de producción permanecen, en cada oportunidad, al menos aproximadamente iguales a aquellas en que se obtuvieron los modelos (Franco y Gravina, 2000).

Existen modelos de predicción de tamaño medio de fruto en cosecha propuestos para diferentes especies y variedades, en los que se utilizan factores como: mediciones de tamaño de fruto durante un determinado período de tiempo, días post floración, temperaturas durante períodos específicos de crecimiento y carga de los árboles (Koch, et al. 1996; Ortega, et al. 1998; Ortega, et al. 1997; Bozzolo, et al. 1988; Ortega, et al. 2002; Franco y Gravina, 2000; Westwood, 1982; Welte, 1990).

Para algunas especies se han encontrado también modelos que son capaces de describir apropiadamente la distribución de los distintos calibres de fruta. Ejemplos de ello son los modelos planteados para manzana por Ortega, et al. (1998, 1997) o los modelos que utilizan la curva de distribución normal propuestos para el cultivo de Kiwi por Atkins, et al. (1990). En variedades cítricas en particular, existen propuestas de modelación de la distribución de calibres a cosecha que utilizan diferentes metodologías, pero ninguno de ellos ha logrado resultados concluyentes.

Koch et al. (1996) distingue una tendencia de los frutos de mayor tamaño inicial a presentar ratios de crecimiento mayores, pero esto no fue confirmado estadísticamente.

Por otra parte Otero y Spina (1996) trabajando sobre las variedades Satsuma Owari, W. Navel, Ellendale y Valencia, presentan en sus avances de investigación a la curva de distribución normal como una metodología promisoría para establecer una predicción de la distribución de calibres en cosecha, manifestando que tanto en febrero-marzo como en los muestreos previos a cosecha los calibres se distribuyen de esta forma.

Sin embargo, para la variedad Valencia en las condiciones de Uruguay Franco y Gravina, (2000) utilizando las distribuciones Normal y Gamma manifiestan que el proceso de predicción temprana del porcentaje de frutos comerciales es impreciso.

2.3. *MODELOS MATEMATICOS UTILIZADOS EN LA MODELACION DEL CRECIMIENTO DE FRUTOS.*

El crecimiento de los distintos tipos de frutos es modelado de diferentes formas, encontrándose en general modelos de tipo sigmoide para los cítricos, manzanas y demás frutos de pepita (Gravina, 1999; Bain, 1958; Gilfillan, 1987; Guardiola, 1992; Agustí, et al. 1995; Ortega, et al., 1998; Ortega, et al., 1997) entre otros, y modelos de tipo doble sigmoide para los frutos de carozo, las uvas y el Kiwi (Fregoni, 1999; Bozzolo, et al. 1988).

Sin embargo estas modelaciones pueden no ser correctas bajo determinadas condiciones de cultivo o para alguna variedad en especial, por lo que Ortega, et al (1998) citando a Ficher, Westwood y Razeto muestran la necesidad de contar con tablas o curvas de crecimiento confeccionadas específicamente para cada variedad, cada región geográfica y mejor aún para cada predio.

Un ejemplo de estos posibles comportamientos diferenciales según variedades, se manifiesta en el estudio realizado por Koch, et al. (1996) en el que estudiando curvas de crecimiento de los cultivares Clementina de Nules y Satsuma, encontraron crecimientos lineales desde el fin de la caída fisiológica de frutos hasta la cosecha. Este comportamiento es esperado en la variedad Satsuma, ya que su cosecha se realiza antes del cambio de color de los frutos, pero no en la variedad Clementina de Nules, que se cosecha posteriormente al cambio de color. La mayoría de los estudios del crecimiento de frutos cítricos manifiestan que en el período comprendido entre cuajado y cosecha (período de estudio de dicho ensayo) el crecimiento del fruto presentaría dos fases, una de crecimiento lineal y otra de crecimientos decrecientes, llamada fase de maduración, que comenzaría con el cambio de color del fruto.

Modelos lineales de regresión.

Los modelos de regresión lineal son usados en la agronomía en muchas oportunidades, fundamentalmente para predecir el comportamiento de una variable a partir de otras (Eulacio y Caputi, 1990).

Modelo estadístico lineal se considera a una ecuación que incluye una combinación lineal de variables aleatorias, variables matemáticas (medidas sin error) y parámetros (constantes poblacionales), que es lineal en los parámetros. Dentro de este grupo se encuentran los modelos polinomiales.

Estos modelos pueden representarse en forma genérica como:

$$Y=B_1X_{n1}+B_2X_{n2}+.....B_pX_{np}+Z_n$$

Donde:

Y es la variable medida,
B_i los parámetros,
X_{i,j} variables de regresión
Z la parte aleatoria (Bates and Donald, 1988).

Y parten de los siguientes supuestos fundamentales:

Las medias poblacionales dependen de un número de factores conocidos o al menos hipotetizados.

El grado de generalidad de las poblaciones (generalmente conceptuales) es similar, lo cual "permite" la suposición de homogeneidad de varianzas.

La parte no explicada por los factores es la causa de lo aleatorio del modelo y se supone con alguna distribución probabilística (generalmente Normal).

Un método poderoso de análisis de datos descriptos por modelos que son lineales en los parámetros y que proporciona estimadores para dichos parámetros, es la regresión lineal. Pero muchas veces en la investigación las respuestas de las variables de predicción se dan mediante expresiones matemáticas que no son lineales en los parámetros (Bates and Donald, 1988).

Ejemplos de modelaciones lineales apropiadas para describir algunos procesos biológicos son: las respuestas de algunos cultivos al agregado de fertilizantes en determinado tipo de suelo, o el aumento de peso de novillos en crecimiento para determinada raza (Reyes, 1983), o bien el crecimiento de algunos micro-organismos durante un extenso período de tiempo (Causon, et al. 1978).

Más concretamente en lo que refiere al crecimiento de frutos cítricos, puede mencionarse el trabajo conducido por Koch et al. (1996) en el que se representa al crecimiento de frutos de las variedades Satsuma y Clementina mediante la ecuación:

$$y=a+bx,$$

donde:

y es el tamaño final de fruto en la fecha de cosecha esperada,

a el tamaño de fruto en el muestreo,

b el gradiente,

x los días desde el muestreo hasta la fecha de cosecha esperada.

En este estudio se determinaron gradientes de 0.33 mm/día y 0.26 mm/día para cada variedad respectivamente.

Modelos de regresión no lineales.

Cuando se determina que el modelo lineal no es adecuado, puesto que no representa bien al proceso biológico, puede considerarse el uso de modelos no lineales (Ostle, 1990). Estos modelos de regresión no lineal, son aquellos en los que no se cumple la linealidad en los parámetros (Bates and Donald, 1988).

Precisamente la no linealidad en los parámetros es la que dificulta el ajuste de los mismos (Reyes, 1983). Sin embargo muchos de estos modelos tienen la propiedad de poder ser linealizados, lo que algunos autores denominan modelos "intrínsecamente lineales" y que mediante transformaciones en los datos pueden analizarse como lineales, aunque en muchos casos estos no serán procedimientos adecuados (Bates and Donald, 1988).

Los modelos que no son intrínsecamente lineales, pueden linealizarse suponiendo un valor para algún o algunos parámetros y facilitar la obtención de valores de arranque de los parámetros utilizables en los métodos de estimación iterativos como NLIN de SAS (Bates and Donald, 1988). Por otra parte la tecnología disponible actualmente permite ajustar estos modelos con gran velocidad.

En muchas investigaciones agronómicas, las respuestas sólo pueden ser modeladas por éste tipo de modelos, como es el caso, entre otros, de la mayoría de los ensayos de fisiología del rendimiento (Reyes, 1983), los modelos de crecimiento de fruto propuestos para varias especies, entre ellas los cítricos (Storey and Treeby, 1999, Agustí, 1985, Ortega et al. 1998, Ortega et al. 1997, Bozzolo et al. 1988, Ortega et al. 2002, Westwood, 1982, Arkins, 1990, Welte, 1990), y los modelos que describen la cinética de la degradación ruminal de forrajes (Lopez et al. 1999).

Algunos de los modelos que integran este grupo, y son utilizados en la descripción de procesos con importancia agronómica son: Mitscherlich, Logístico, Polinomial inverso, Spillman, Gompertz, Von Bertalanffy y Richards (Ricklefs, 1967; Causon et al. 1978; Reyes, 1983; Lopez et al. 1999)

De forma general los modelos no lineales pueden escribirse según Bates and Donald, (1988) como:

$$Y_n = f(x_n, \theta) + Z_n$$

En donde:

- Y es la variable aleatoria,
- f es la función que determina el modelo
- X_n es el vector que asocia las variables de regresión con las variables dependientes para el enésimo caso.
- θ parámetros
- Z la parte aleatoria

La obtención de los estimadores de mínimos cuadrados de los parámetros en los modelos de regresión no lineal, es extremadamente dificultosa, pero se ha simplificado mediante la utilización de métodos iterativos como el método Gauss-Newton o el método geométrico. En ellos la convergencia en el modelo, es decir, declarar que se ha obtenido el mejor estimador de los parámetros bajo el supuesto de que el modelo es adecuado, puede emitirse utilizando diferentes criterios. El criterio utilizado por el programa SAS (1997) es el de que los cambios relativos en la suma de cuadrados de las sucesivas iteraciones sea significativamente pequeño (Bates and Donald, 1988).

Modelo logístico.

El modelo logístico es de extensa aplicación en estudios de crecimiento tanto de animales como vegetales (Eulacio y Ortiz, 1995). Dentro del grupo de curvas sigmoides es una de las más utilizadas para representar el crecimiento de frutos, fundamentalmente cuando las medidas comienzan desde el inicio del desarrollo del ovario. Según Storey and Treeby (1999) esta función es adecuada para modelar el crecimiento porque los parámetros tienen significancia biológica, ej. máximo y mínimo asintótico, el valor de la variable independiente en el punto de inflexión y la pendiente así como la medida de la máxima tasa de crecimiento.

Este modelo puede ser representado por la función:

$$y = \frac{b_0}{1 + b_1 e^{-b_2 x}} \quad b_0, b_1, b_2 > 0$$

Los parámetros de esta función son:

b_0 : el valor máximo.

b_2 : tasa de crecimiento de la población.

b_1 : es un parámetro que se fija a partir de la población inicial y del máximo.

Por definición b_0 es mayor que cero. La función es siempre positiva, con un punto de corte del eje "y" en:

$$f(0) = \frac{b_0}{1 + b_1}$$

El comportamiento de la función cuando x tiende a más y menos infinito es asintótico, y el valor del límite superior es b_0 .

Analizando el crecimiento de la función se concluye que la misma es siempre creciente y que presenta un punto de inflexión en:

$$X = b_0 / 2$$

Este modelo puede ser dividido en tres tramos claramente diferenciados (Fig. 1), la fase I "fase de latencia o incubación" en la que la curva presenta un comportamiento constante. La fase II o "fase exponencial" y la etapa III o "fase estacionaria" en la que la velocidad de crecimiento empieza a disminuir.

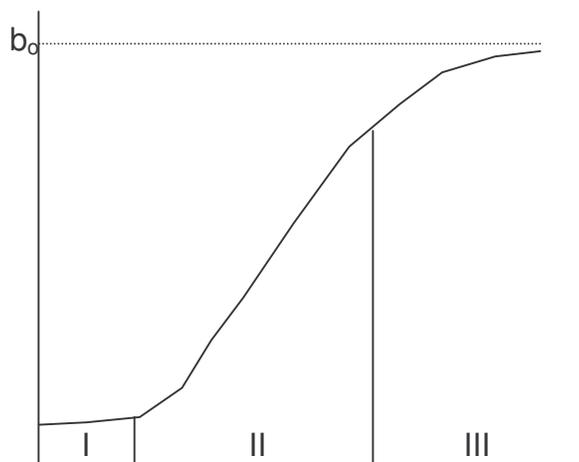


Figura 1. Representación gráfica del modelo logístico.

Modelo de Mitscherlich-Spillman.

El crecimiento de los frutos de naranja Valencia desde el fin de la caída fisiológica de frutos hasta cosecha fue descrito por Franco y Gravina (2000) con una familia Mitscherlich de ecuaciones.

La ecuación de Mitscherlich-Spillman puede escribirse como sigue:

$$f(x) = b_0 (1 - b_1 e^{-b_2 x}) \quad b_0, b_1, b_2 > 0$$

Esta función se anula cuando $x = Lb_1 / b_2$,

el punto de corte con el eje "y" es igual a: $f(0) = b_0 (1 - b_1)$

El comportamiento de la función cuando x tiende a infinito es asintótico al valor de b_0 , el crecimiento es siempre creciente y la concavidad es siempre negativa (Figura 2).

En esta función b_0 es el valor máximo, b_2 indica la tasa de crecimiento y b_1 es un parámetro que puede fijarse a partir de el valor máximo y el valor de corte: $b_1 = 1 - f(0)/b_0$.

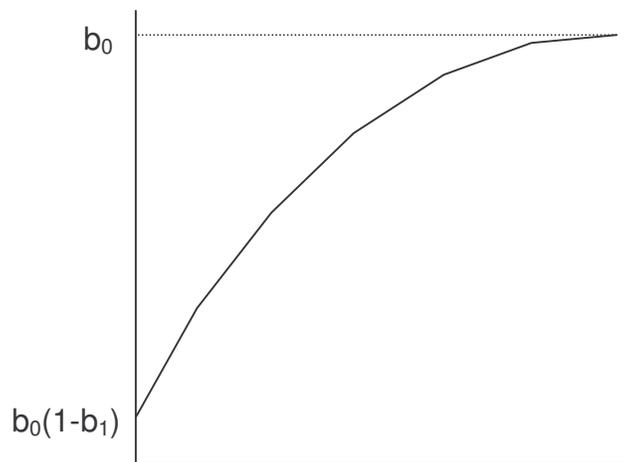


Figura 2. Representación gráfica del modelo de Mitscherlich-Spillman.

2.4. CRECIMIENTO DEL FRUTO CÍTRICO.

El tamaño del fruto es importante no solo por que es uno de los componentes del rendimiento, sino también por ser uno de parámetros de calidad que más determina la aceptación del fruto por los consumidores, especialmente en mandarinas (Guardiola, 1992). Está principalmente determinado por las

características genéticas de cada cultivar, pero dentro de los límites impuestos por estas características, es afectado por las prácticas culturales y los factores relacionados a la condición interna de la planta (Gilfillan, 1987) así como por factores ecológicos y de nutrición mineral (Monselise, 1977).

La competencia entre órganos en desarrollo es determinante del tamaño final alcanzado, teniendo más influencia en su determinación el número de flores producidas por la planta que el número de frutos en desarrollo. Este efecto de la floración en el tamaño final estaría determinado por el hecho de que en el momento de la anthesis, los ovarios procedentes de plantas de alto nivel de floración son más pequeños que los procedentes de plantas con menor nivel de floración. Ello indica que el tamaño final del fruto está determinado desde el crecimiento inicial del ovario (Agustí et al., 1985).

De igual manera que la competencia entre frutos, el clima afecta en mayor medida al tamaño final de fruto durante la primera etapa del crecimiento y durante el período de prefloración (Gilfillan, 1987).

El crecimiento del fruto cítrico es representado en la mayoría de la bibliografía consultada por una curva sigmoidea, en la que se diferencian claramente tres fases (Gravina, 1999; Bain, 1958; Gilfillan, 1987; Guardiola, 1992; Agustí et al. 1995). Una primera fase de crecimiento exponencial, que corresponde al período de división celular, en el que aumenta el número de células en todos los tejidos del fruto en vías de desarrollo (Gilfillan, 1987); una segunda etapa, de crecimiento constante y máximo (Guardiola, 1992), que está determinada por : expansión celular, diferenciación y formación de tejidos esponjosos en varias partes del fruto y división celular de las células de la piel (Gilfillan, 1987); y una tercera etapa de crecimiento decreciente correspondiente al período de maduración del fruto (Agustí et al. 1995). Sin embargo si bien Guardiola (1992) concuerda con que la curva sigmoide representa bien el crecimiento de frutos cítricos, manifiesta que algunos cultivares pueden mostrar una progresión directa correspondiente a un período de tasa de crecimiento constante y máximo del fruto hasta su cosecha.

En tal sentido Storey and Treeby (1999) concluyen que las descripciones del crecimiento del fruto cítrico, tanto cuando se utilizan el peso fresco de frutos, el peso seco, el volumen y el diámetro, muestran patrones de crecimiento que coinciden con curvas sigmoides. Sin embargo, la tasa de crecimiento basada en peso fresco, peso seco y volumen, alcanzan el máximo en el estado II de desarrollo del fruto, mientras que cuando se describe el crecimiento mediante diámetro o radio, la mayor tasa de crecimiento se encuentra en el estado I de desarrollo y decrece progresivamente durante el desarrollo del fruto. Estos autores definen los estados de desarrollo únicamente en función de los procesos que ocurren a nivel celular, determinando que el estado I es aquel en el que predomina la división celular y el estado II en el que predomina la elongación celular.

Estudios realizados por Bain (1958) determinaron las duraciones de estas etapas de crecimiento para la naranja Valencia, las que correspondieron a 60 días para la fase 1 y 29 semanas para la fase 2. Mientras que Storey and Treeby (1999) establecieron para la variedad de naranja Navel que la transición entre la fase I y II de desarrollo ocurrió alrededor de los 55 días post floración y en el caso de la mandarina Satsuma la división celular cesó entre los 20 y 30 días según las zonas del albedo. Bollard, (1970) citado por Storey and Treeby (1999) determina que para expresar correctamente el crecimiento (aumento irrevocable en la biomasa) se deben utilizar las unidades del volumen o masa antes que el tamaño lineal. Sin embargo hay algunas ventajas al utilizar el radio o diámetro como medida del crecimiento: primero, los cambios en el radio durante la etapa 1 son más pronunciados que en el peso fresco y, segundo, es una medida no destructiva que puede utilizarse para predecir el tamaño que alcanzará la fruta en madurez.

2.5. DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES.

Clementina de Nules.

Esta variedad pertenece al grupo de las mandarinas (*Citrus reticulata*) y dentro de ellas al de las clementinas junto a Arrufatina, Bedria, Clemenpons, Esbal, Fina, Guillemina, Hernandina y Nour. Es también conocida por los nombres Clemenules, Nulesina, Clementina Reina y Clementina Victoria. Se originó por mutación espontánea de Clementina Fina detectada en la provincia de Castellón, España en 1953 (Bono, 1985; Saunt, 2000).

Según Saunt (2000) es la variedad preferida en las nuevas plantaciones establecidas en Sudáfrica, Argentina, Uruguay y Chile.

El fruto es de buen tamaño y posee un adecuado contenido en zumo de alta calidad. No contiene semillas, y una importante característica es la de presentar un extendido periodo durante el cual los frutos retienen su calidad (Bono, 1985; Saunt, 2000).

El período de cosecha en nuestro país comienza en una fecha cercana al 15 de abril, con un máximo entre el 1º de mayo y el 16 de junio, y finalizaría en términos generales el 15 de julio (Gravina, 1999).

Nova.

La variedad Nova es un híbrido entre Clementina Fina y el tangelo Orlando, creado en Florida en 1942 y se la nombra también como Clemenvilla o Suntina. Se está comenzando a cultivar a modesta escala en Sudáfrica, Argentina y Uruguay (Saunt, 2000).

El fruto es de buen tamaño y posee un elevado contenido en zumo de excelente sabor. Sin polinización cruzada no presenta semillas. En la madurez alcanza un color naranja rojizo intenso (Bono, 1985).

El período de cosecha citado para Uruguay comienza el 15 de abril y termina el 15 de junio, teniendo su máximo entre el 1º y el 15 de mayo (Gravina, 1999).

Ellendale.

Esta variedad clasificada dentro del grupo de las mandarinas (*Citrus reticulata*) es un tangor (híbrido natural de naranja y mandarina) descubierto en 1878 en Australia. Es una importante variedad de alta calidad en Australia, y ha tenido un buen crecimiento en Argentina, Uruguay y España (Saunt, 2000).

El fruto es de tamaño medio a grande y en algunos casos muy grande. La toma de color es lenta y eventualmente desarrolla un profundo color anaranjado (Saunt, 2000).

Su cosecha en nuestras condiciones comienza el 15 de junio y culmina a fin de octubre, y su máxima producción se cosecha en el mes de julio (Gravina, 1999).

Valencia.

Valencia es una naranja (*Citrus sinensis*) originaria probablemente de Portugal. Es la naranja dulce de maduración mas tardía y sus frutos, de tamaño mediano a grande y con elevado contenido en jugo ligeramente acidulado, pueden permanecer mucho tiempo en el árbol sin perder calidad comercial (Bono, 1985; Saunt, 2000).

En Uruguay su cosecha se extiende desde mediados de julio hasta fines de diciembre, con su período de máxima recolección entre el 15 de agosto y el 30 de setiembre (Gravina, 1999).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizaron datos provenientes de ensayos realizados por el Departamento de Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía, Área de Ecofisiología de Cultivos, en los cuales fue evaluada la respuesta de las variedades cítricas 'Clementina de Nules', 'Nova', 'Ellendale' y 'Valencia' a diferentes medidas de manejo. Las mediciones de diámetro ecuatorial de frutos fueron realizadas a 30 frutos por árbol ubicados a una altura de entre 1 y 2 metros aproximadamente,

utilizándose calibres digitales. Los intervalos entre mediciones fueron de aproximadamente 21 días, desde el cuajado de frutos hasta la cosecha.

Los diseños experimentales variaron según el ensayo, pudiendo ser bloques completos al azar o diseño completamente aleatorizado.

Los ensayos correspondientes a las variedades Ellendale y Nova se situaron en su totalidad en la zona sur, los correspondientes a la variedad Clementina de Nules fueron conducidos en la zona Norte del país, mientras que los de la variedad Valencia se realizaron en ambas zonas (Cuadro 2).

Todas las variedades se encuentran injertados sobre *Poncirus trifoliata*, se encontraban en plena producción en el momento de la realización de los ensayos y contaban con sistema de riego localizado.

Cuadro 2: Información de los ensayos: variedad, localización (zona), ciclo productivo (ciclo), n° de tratamientos ensayados (N° trat) y origen de los datos correspondientes a cosecha (datos).

Variedad	Ciclo	Zona	N° trat	Datos
Valencia	00-01	Sur	6	Packing
	98-99	Sur	8	Packing y campo
	98-99	Norte	10	Packing
	97-98	Sur	8	Packing
	97-98	Norte	11	Packing
Ellendale	01-02	Sur	9	Packing
	00-01	Sur	8	Campo
Clementina	01-02	Norte	5	Packing y campo
	01-02	Norte	9	Packing y campo
Nova	00-01	Sur (PE)	5	Campo
	00-01	Sur (K)	3	Packing
	01-02	Sur (PE)	9	Campo
	01-02	Sur (K)	2	Campo
	01-02	Sur (K)	2	Packing

El número de situaciones productivas varió según la variedad entre un mínimo de 14 y un máximo de 42, los árboles muestreados completaron un total de 793 y el número de mediciones de frutos ascendió a 227671 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de situaciones productivas (sit), número de árboles muestreados (nº árboles) y número de mediciones de frutos (fru med) por variedad y total.

Variedad	sit	Nº árboles	fru med
Valencia	42	421	138207
Clementina de Nules	14	89	19630
Ellendle	15	118	32364
Nova	21	165	37470
Total	87	793	227671

La estrategia de trabajo fue la siguiente:

modelación del crecimiento de fruto expresado como mm de diámetro ecuatorial utilizando el modelo Mitscherlich-Spilman.

Predicción del diámetro medio en cosecha utilizando en el modelo de Mitscherlich Spilman.

Modelación de la evolución del porcentaje de frutos comercializables.

Predicción del % de frutos potencialmente comercializables.

3.2. MODELACIÓN DEL CRECIMIENTO DE FRUTOS (DIÁMETRO ECUATORIAL)

Para cada una de las condiciones determinadas por la combinación de variedad, zona, ciclo productivo y tratamiento se estimaron los parámetros correspondientes al modelo de Mitscherlich-Spillman.

La estimación de los parámetros se realizó utilizando el procedimiento NLIN del programa estadístico SAS (1997). Este procedimiento requiere que se suministren valores tentativos de los parámetros para facilitar la convergencia del modelo, los cuales fueron obtenidos utilizando la linearización del modelo de Mitscherlich-Spillman (asumiendo el valor de b_0 como el máximo de crecimiento) en el procedimiento de regresión lineal simple de SAS.

Para determinar el ajuste de los modelos en los que se alcanzó la convergencia en la estimación se consideró el valor de f calculado en el procedimiento.

3.3. MODELACIÓN DEL PORCENTAJE DE FRUTOS COMERCIALIZABLES

Para la modelación de la proporción de frutos comercializables se procedió de la siguiente manera.

Utilizando el rango de calibres comerciales a cosecha correspondiente a cada variedad, se determina la proporción de la media del diámetro estimado por la ecuación de Mitscherlich-Spilman (\hat{Y}_c) que corresponde a los límites superior e inferior de dicho rango denominándolas: proporción de calibre superior (PCs) y proporción de calibre inferior (PCi) .

$$PCs = LSc / \hat{Y}_c > 1$$

$$PCi = LIc / \hat{Y}_c \quad 0 < Pci < 1$$

En donde:

LSc y LIc son los límites superior e inferior del rango de calibres comerciales en cosecha respectivamente.

\hat{Y}_c es el calibre medio estimado en cosecha por la ecuación de Mitscherlich-Spilman.

En segundo lugar, con las proporciones calculadas y el calibre estimado para cada fecha de muestreo se determina un rango de calibres (en cada fecha de muestreo) al que denominaremos “calibres potencialmente comercializables”.

Cada rango fue calculado como sigue:

$$Ls = \hat{Y}_x \cdot PCs$$

$$Li = \hat{Y}_x \cdot PCi$$

En donde:

Ls y Li son los límites superior e inferior respectivamente

\hat{Y}_x es la media de calibre de fruto estimada para la fecha x.

En tercer lugar y para cada fecha de muestreo se calcularon sobre los datos de calibre de todos los frutos medidos, las proporciones de frutos que se encontraron dentro del rango de “calibres potencialmente comercializables” antes calculado.

La evolución de la proporción de frutos potencialmente comercializables en el tiempo se modeló mediante un modelo segmentado con una primera fase de porcentajes crecientes y una segunda fase en la que los porcentajes se estabilizan hasta la fecha de cosecha. El momento de inicio de la segunda fase puede considerarse apropiado para la predicción del porcentaje en la cosecha.

3.4. DETERMINACIÓN DEL MOMENTO DE PREDICCIÓN.

El momento a partir del cual puede considerarse válida una predicción fue determinado en función tanto del momento de predicción de tamaño medio de fruta como del momento de predicción del porcentaje de fruta comercial. La modelación del porcentaje de fruta comercial determina un momento a partir del cual puede realizarse la predicción, este momento coincide con la fecha en la cual los porcentajes de fruta potencialmente comercializable se estabilizan y la evolución de los porcentajes se mantiene con pendiente cero.

A partir de esta fecha se probaron las posibilidades de predecir el tamaño medio de frutos en cosecha, determinándose para cada variedad una fecha en la que la aplicación del modelo de predicción logró la convergencia del modelo.

3.5. PREDICCIÓN TEMPRANA DEL TAMAÑO MEDIO DE FRUTO.

La predicción del tamaño medio de fruta a cosecha se realizó ajustando modelos con la información de las primeras fechas de muestreo de diámetro ecuatorial de fruto. Los valores de arranque para la estimación de cada parámetro correspondieron a la media de los valores de cada parámetro obtenidos en la modelación del crecimiento del fruto para cada variedad. En esta etapa no fueron utilizados los datos correspondientes a los tratamientos testigo de cada combinación variedad, sitio, ciclo productivo para que fueran posteriormente utilizados en la etapa de validación de resultados de la predicción.

Las estimaciones de los parámetros obtenidas con la información parcial se compararon con los parámetros de los modelos obtenidos con el total de los datos, probándose las hipótesis nulas de que no existían diferencias entre estos valores.

3.6. PREDICCIÓN DE PORCENTAJE DE FRUTA DE TAMAÑO COMERCIAL

Con el valor estimado de calibre en cosecha se estableció el rango de calibres potencialmente comercializables para la fecha de la estimación, que según se describió anteriormente, está determinada por las modelaciones tanto de

porcentaje de fruta comercializable como por la modelación de crecimiento de fruto.

Luego de establecido el rango de calibres potencialmente comercializables para la fecha de la estimación se calculó el porcentaje de fruta dentro de dicho rango, la que se según el modelo correspondería también al porcentaje de fruta comercializable en cosecha.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

De los cuatro objetivos planteados para cada variedad en este trabajo, existieron diferencias marcadas en cuanto a los resultados obtenidos.

Los resultados de la modelación del crecimiento de los frutos y la predicción de su tamaño medio en cosecha, permitió diferenciar en ellas dos grupos. Uno que corresponde a las variedades de cosecha temprana, Nova y Clementina de Nules, y el segundo correspondiente a variedades de estación y tardías como es el caso de la mandarina Ellendale y la naranja Valencia.

4.1. MODELACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PREDICCIÓN DE TAMAÑO MEDIO EN VARIEDADES DE COSECHA TEMPRANA.

Clementina de Nules y Nova

Las mandarinas Clementina de Nules y Nova son dos de las variedades de cosecha temprana que se producen en Uruguay. Como puede verse en el cuadro 4, las fechas de cosecha observadas en los años en los que se llevaron a cabo los ensayos estuvieron dentro de los rangos citados para cada variedad.

El período de cosecha de Nova comienza junto al de Clementina de Nules, pero la variedad Nova presenta un período de crecimiento de fruto mayor al de ésta última en aproximadamente un mes, lo que determina períodos floración-cosecha algo mayores para Nova (Cuadro 4).

Los períodos floración-cosecha de los ciclos productivos evaluados resultaron algo más constantes para Nova (Cuadro 4), lo que podría estar determinando los mejores resultados obtenidos con esta variedad en la modelación del crecimiento de los frutos.

Cuadro 4. Fechas de cosecha previstas (cosp) según variedad, fechas de floración (florobs), fechas de cosecha (cosobs) y períodos floración cosecha (flor-cos) observados en los distintos ensayos.

Variedad	Ensayo	Florobs.	Cosobs.	Cosp.	flor-cos (días)
Nova	K 00-01	26/10	8/06		228
	P.E 00-01	23/10	14/06		231
	P.E 01-02	24/09	24/05	15/4 – 15/6	242
	K 01-02 p	10/10	30/05		232
	K 01-02 t	10/10	30/05		232
Clementina de Nules	00-01	12/10	24/04		194
	01-02	13/09	30/04	15/4 – 17/5	229

Modelación del crecimiento de frutos.

Los resultados de la modelación del crecimiento del fruto según la ecuación de Mitscherlich-Spillman presentaron en estas variedades resultados erráticos. En el caso de la variedad Clementina de Nules solo en un 25% de las series de datos se ajustaron los modelos de Mitscherlich-Spillman, mientras que para Nova éste porcentaje ascendió a 87. Por lo tanto como resultado de la modelación se obtuvieron para estas variedades 17 modelos de crecimiento (Cuadro 5).

Los valores promedio de los estimadores de cada parámetro del modelo de Mitscherlich-Spillman para cada variedad se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 5. Estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la ecuación de Mitscherlich-Spillman según variedad, zona y ciclo productivo en variedades de cosecha temprana.

Variedad	Zona	Ciclo productivo	b_0	b_1	b_2
Clementina de Nules	Queguay	0001	152.2	0.908	0.003
		0102	169.7	0.915	0.003
		0102	130.7	0.913	0.003
Nova	Punta espinillo	0001	89.7	1.194	0.007
		0001	103.3	1.120	0.005
		0001	87.1	1.225	0.007
		0001	91.8	1.189	0.006
		0102	123.4	0.874	0.004
		0102	159.1	0.921	0.003
		0102	140.0	0.904	0.004
		0102	133.3	0.912	0.004
		0102	139.0	0.906	0.003
		0102	152.4	0.921	0.003
Kiyú		0102	150.5	0.928	0.003
		0001	116.9	0.793	0.005
		0001	119.0	0.806	0.005
		0102t	115.3	0.778	0.004

Cuadro 6. Medias de los estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 del modelo de Mitscherlich-Spillman según variedad.

Variedad	b_0	b_1	b_2
Clementina	150.8	0.912	0.003
Nova	122.9	0.962	0.004

En la variedad Clementina de Nules, solo en 3 de 12 series de datos usadas para la modelación con los datos correspondientes a todas las fechas de muestreos, se logró la convergencia en el modelo. Mientras que de las dos series de datos correspondientes a los tratamientos testigo, que fueron utilizadas para la predicción del tamaño medio de fruto, en 1 caso se logró ajustar el modelo y en otro no.

La falta de convergencia experimentada en las diferentes situaciones productivas para la variedad Clementina de Nules podría estar explicado porque la cosecha se realiza inmediatamente iniciada o bien antes de comenzar la fase 3 de crecimiento del fruto en donde los crecimientos son decrecientes, lo que estaría de acuerdo con lo expresado por Koch, et al. (1996).

Dado que el ajuste de las curvas –primer objetivo planteado- en esta variedad no fue posible para la mayoría de las situaciones productivas, la obtención de una predicción confiable de la media de fruto, que constituye el segundo objetivo, no se alcanzó y por tanto no se continuó con los siguientes pasos. En este caso la metodología planteada no parece ser correcta, al menos para la modelación del crecimiento y predicción de calibre promedio a cosecha.

Sería necesario probar otros modelos para el crecimiento de fruto e intentar predecir con esta información el calibre promedio de fruta en cosecha.

En la variedad Nova los resultados fueron más consistentes en relación a la modelación del crecimiento de los frutos, obteniéndose catorce modelos de dieciséis series de datos, sin embargo como se verá mas adelante esta tendencia no se mantuvo al trabajar con los datos de los tratamientos testigo.

En la figura 3 puede observarse un ejemplo para cada variedad del tipo de curva que se obtuvo en la modelación del crecimiento de los frutos. Estas fueron construidas con las medias de los parámetros para cada variedad, valores con los que se llevo a cabo el proceso de predicción temprana de calibre medio de frutos.

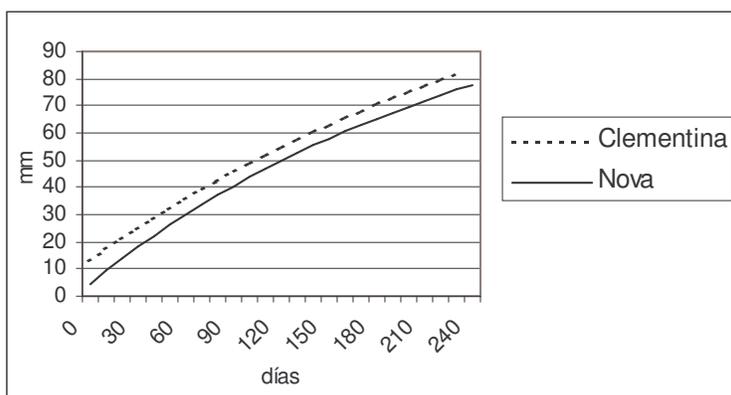


Figura 3. Curva de crecimiento de las variedades Clementina de Nules y Nova, modelada según la ecuación de Mitscherlich-Spillman.

Predicción temprana del tamaño medio de frutos.

Los resultados obtenidos en la predicción temprana de tamaño de frutos realizada utilizando los datos provenientes de los tratamientos testigo de cada

ensayo, y los parámetros obtenidos en la modelación del crecimiento de los frutos, fueron poco alentadores en el caso de las variedades de cosecha temprana.

Como se detalló anteriormente, para la variedad Clementina de Nules, no fue posible realizar la predicción puesto que la modelación del crecimiento del fruto no fue exitosa.

En el caso de la variedad Nova, este procedimiento fue realizado y luego sus resultados fueron validados con los datos obtenidos en campo en el día de la cosecha o bien con los datos de packing según se tuviera uno u otro tipo de datos. La validación de la predicción se realizó calculando un intervalo de 95 % de confianza para la media.

Los valores de media de frutos predichos para la variedad Nova no alcanzaron los resultados esperados. De las cinco series de datos utilizadas para estos fines solamente 3 pudieron ser modeladas mediante el modelo propuesto, utilizando como valores de arranque los valores de los parámetros obtenidos en la modelación del crecimiento de los frutos. En los otros dos casos el modelo no logró la convergencia.(Cuadro 7)

A su vez dos de estos modelos no alcanzaron una confianza del 95% en la predicción de la media de calibre, y en un caso no existían datos apropiados para validar los resultados. (Cuadro 7)

Cuadro 7. Calibre medio estimado de fruto (calip), calibre medio de fruto en cosecha (cal) e intervalo de confianza para la estimación con $\alpha=0.5$, límites inferior, L_{95} , y superior, U_{95} , según situación productiva en variedades de cosecha temprana.

	calip	cal	L_{95}	U_{95}
n k 0001	72.55	65.82	66.99	78.11
n pe 0102	79.47	69.65	73.78	85.17
n pe 0001	62.84	S/d	59.17	66.50

4.2. MODELACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PREDICCIÓN DE TAMAÑO MEDIO EN VARIEDADES DE COSECHA TARDÍA.

Ellendale y Valencia

Las variedades Ellendale y Valencia son de gran importancia en la producción ya que representan un volumen importante de la misma, fundamentalmente dentro de las variedades de recolección tardía o de estación.

Los períodos de cosecha de estas variedades son algo más extensos que en las variedades de cosecha temprana a las que hemos hecho referencia, abarcando lapsos de cuatro meses y medio a cinco meses y medio.

En el cuadro 8, puede percibirse la coincidencia que se manifiesta entre las fechas de cosecha experimentadas en los años de estudio y las que se citan en la bibliografía para ambas variedades.

Cuadro 8. Fechas de cosecha previstas (cosp) según variedad, fechas de floración (florobs), fechas de cosecha (cosobs) y períodos floración cosecha (flor-cos) observados en los distintos ensayos.

Variedad	Ensayo	Florobs	Cosobs	cosp	flor-cos (días)
	00-01	19-23/10	17/09		331
Valencia	98-99	9/10	30/09	15/7 – 31/12	356
	97-98	8/09	23/08		349
Ellendale	01-02	11/09	20/08	15/6 – 31/10	343
	00-01	20/10	13/08		296

Modelación del crecimiento de los frutos.

Los resultados obtenidos de la modelación del crecimiento del fruto según la ecuación de Mitscherlich-Spillman fueron exitosos, lográndose la convergencia en el modelo para todas las situaciones productivas en ambas variedades.

Se obtuvieron por tanto 57 modelos de crecimiento, 15 correspondientes a la variedad Ellendale (Cuadro 9) y 47 correspondientes a Valencia (Cuadro 10).

Cuadro 9. Estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la ecuación de Mistcherlich-Spilman para la Variedad Ellendale.

Variedad	Zona	Ciclo productivo	b_0	b_1	b_2
Ellendale	Kiyú	0001	80.2	0.913	0.009
		0001	76.9	0.903	0.009
		0001	76.8	0.921	0.009
		0001	84.0	0.921	0.008
		0001	83.2	0.908	0.008
		0001	78.9	0.913	0.009
		0001	78.2	0.896	0.009
		0102	116.8	0.989	0.004
		0102	126.8	0.995	0.004
		0102	97.3	0.977	0.006
		0102	120.6	0.987	0.004
		0102	118.7	0.983	0.004
		0102	104.2	0.972	0.005
		0102	94.7	0.974	0.005
		0102	129.2	0.989	0.004

Cuadro 10. Estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la ecuación de Mistcherlich-Spilman para la Variedad Valencia.

Variedad	Sit. Prod.	b_0	b_1	b_2
Valencia	1	70.1	0.460	0.011
	2	75.0	0.429	0.013
	3	72.2	0.453	0.010
	4	77.6	0.405	0.013
	5	77.7	0.422	0.012
	6	75.4	0.407	0.015
	7	75.7	0.402	0.013
	8	78.0	0.426	0.011
	9	76.3	0.433	0.013
	10	75.7	0.436	0.012
	11	75.6	0.451	0.013
	12	74.7	0.428	0.013
	13	78.3	0.425	0.013
	14	70.6	0.599	0.013
	15	71.0	0.580	0.014
	16	73.3	0.593	0.013
	17	72.8	0.578	0.013
	18	70.8	0.634	0.013
	19	72.9	0.586	0.012
	20	71.9	0.567	0.013
	21	70.8	0.587	0.013
	22	69.6	0.464	0.014
	23	69.5	0.449	0.013
	24	71.2	0.447	0.014
	25	72.3	0.448	0.014
	26	71.1	0.449	0.013
	27	69.0	0.461	0.014
	28	68.0	0.464	0.014
	29	69.5	0.439	0.014
	30	70.7	0.465	0.013
	31	70.6	0.449	0.013
	32	79.4	0.846	0.010
	33	80.8	0.824	0.010
	34	74.3	0.835	0.011
	35	75.9	0.829	0.011

Sit. Prod.	b_0	b_1	b_2
37	73.3	0.828	0.011
38	76.7	1.392	0.010
39	76.0	1.372	0.010
40	74.5	1.384	0.010
41	74.0	1.386	0.010
42	74.2	1.350	0.010

Para cada parámetro del modelo de Mitscherlich-Spillman se calculó el valor promedio de las estimaciones obtenidas en cada variedad. (Cuadro 11). Estos valores serán utilizados posteriormente como valores de arranque al realizar la predicción temprana del tamaño de fruta en cosecha.

Cuadro 11. Medias de los estimadores de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 del modelo de Mitscherlich-Spillman según variedad.

Variedad	b_0	b_1	b_2
Valencia	73.6	0.636	0.012
Ellendale	97.8	0.950	0.006

La figura 4 muestra la curva tipo para cada variedad, producto de la modelación del crecimiento de frutos de todas las situaciones productivas. Estas fueron construidas con las medias de las estimaciones de los parámetros para cada variedad, valores que como fue detallado anteriormente se emplearán para llevar a cabo el proceso de predicción temprana de calibre medio de frutos.

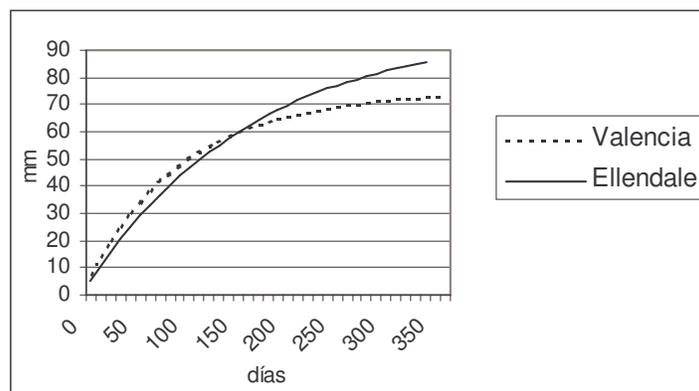


Figura 4. Curva de crecimiento de las variedades Valencia y Ellendale, modelada según la ecuación de Mitscherlich-Spillman.

Los valores estimados de b_0 para la variedad Ellendale varían notoriamente según el ciclo productivo. En el ciclo 01-02 fueron muy altos (94,7 a 126,2 mm) comparados con los estimados para el ciclo 00-01 (80 mm), lo que determinó que el valor promedio calculado del estimador de b_0 para esta variedad llegara a superar el calculado para la variedad Valencia, que en las situaciones productivas analizadas variaron entre 68 y 80 mm mientras que los citados por Ferenczi, et al., (1999), se encontraron entre 65 y 74 mm para los ciclos productivos 96-97 y 97-98.

Validación de los modelos de predicción temprana del tamaño de fruto.

Como fuera expresado anteriormente la predicción del tamaño medio de frutos fue realizada con los datos de calibres de fruta obtenidos de los tratamientos testigo que no fueron utilizados en la obtención de las estimaciones, alcanzándose para estas variedades resultados variados que pueden ser atribuidos más al volumen de datos y sus características que al proceso de predicción en si mismo.

En el caso de Ellendale la validación de la predicción de tamaño promedio de frutos pudo realizarse solo con la serie de datos correspondiente al ciclo productivo 00-01, ya que en el caso de la cosecha 2002 los datos correspondientes al tratamiento testigo no se ajustan al modelo de Mitscherlich-Spillman.

Valencia fue la variedad en la que los resultados fueron mas concluyentes, alcanzándose resultados con un 95% de confianza en cuatro de los cinco casos para los que se contó con los datos apropiados de cosecha para realizar la validación. (Cuadro 12)

Cuadro 12. Calibre promedio estimado de fruto (calip), calibre promedio observado de fruto en cosecha (cal) e intervalo de confianza para la estimación con $\alpha=0.5$, límites inferior, L_{95} , y superior, U_{95} , según situación productiva en variedades de estación y de cosecha tardía.

	calip	cal	L_{95}	U_{95}
e0001	72.77	68.67	68.66	76.87
v 0001	71.23	s/d	67.05	75.41
v 9899	84.92	71.21	76.54	93.29
v mil 98	71.31	69.80	67.22	75.41
v azu 98	72.74	73.90	68.88	76.60
V mil 99	76.56	70.30	67.87	85.26
v azu 99	71.07	69.20	66.30	75.84

4.3. MODELACIÓN DEL PORCENTAJE DE FRUTOS CON CALIBRE COMERCIAL.

La modelación del porcentaje de frutos con calibre comercial se realiza a partir de la modelación de crecimiento de los frutos, es por ello que en este punto los resultados obtenidos en las variedades Clementina de Nules y Nova, deberán entenderse solo como una primera aproximación o una tendencia pero no podrán ser concluyentes, ya que la modelación del crecimiento del fruto en estas variedades no fue exitoso.

Dado que el tamaño potencial de fruto se define en etapas tempranas del crecimiento, se estudió el porcentaje de frutos potencialmente comercializables desde el comienzo de la etapa 2 de crecimiento del fruto.

La modelación del comportamiento de este porcentaje se realizó mediante un modelo segmentado con dos fases. La primer fase es de crecimiento lineal, y su modelación es como sigue: $y=a+b*t$

en donde:

- y es el porcentaje de frutos con calibre comercial,
- a es igual al porcentaje en el momento del cuajado,
- b determina la pendiente de la línea
- t es el tiempo en días luego de plena floración.

En la segunda etapa: $y=a+b*X_0$;

Siendo:

- X_0 , el valor de t que corresponde al cambio de fase
- a, el porcentaje de frutos con calibre comercial en el momento X_0 .
- b, es igual a cero en esta segunda fase.

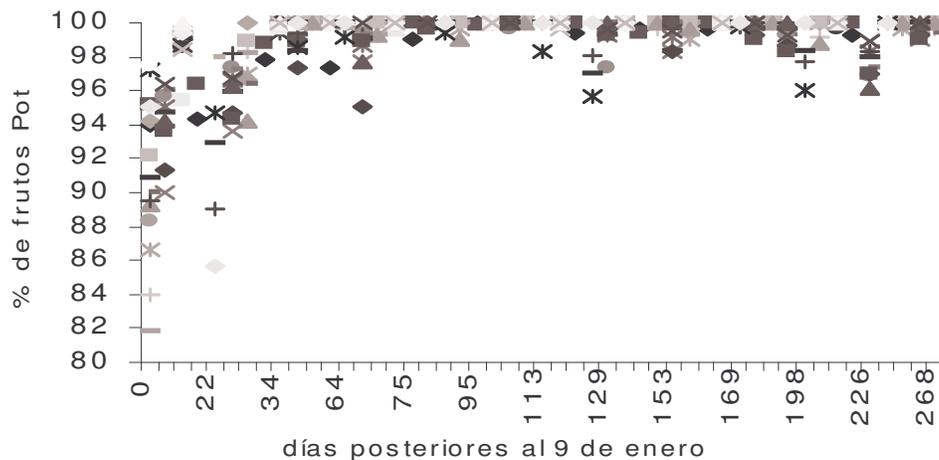


Figura 5. Evolución del porcentaje de frutos potencialmente comercializables por situación productiva en la variedad Valencia.

En la figura 5 puede observarse que existe una tendencia clara a la estabilización de estos porcentajes en fechas que varían según la situación productiva pero que están dentro de los 29 y 95 días posteriores al 9 de enero para la variedad Valencia y entre los 70 y 100 días posteriores a la floración para las demás variedades (datos no mostrados).

Como resultado de la modelación se obtuvieron para Valencia 26 modelos (Cuadro 13). Estos fueron calculados a partir de los porcentajes de fruta con calibre potencialmente comercializable en cada fecha de muestreo para cada situación productiva. Dentro de las 16 situaciones que no lograron ser modeladas se presentan dos condiciones: en tres de los casos falló la convergencia del modelo, y en los restantes 13 la evolución del porcentaje de frutos potencialmente comercializables se mantuvo siempre constante. En estas condiciones en las que el ajuste del modelo segmentado no fue posible porque los porcentajes se mantuvieron constantes, puede de todas formas tomarse como válido el dato de días post-floración obtenido con el ajuste del modelo segmentado para la predicción del porcentaje de fruta comercializable, por lo que la metodología resulta válida en el 88% de las condiciones productivas.

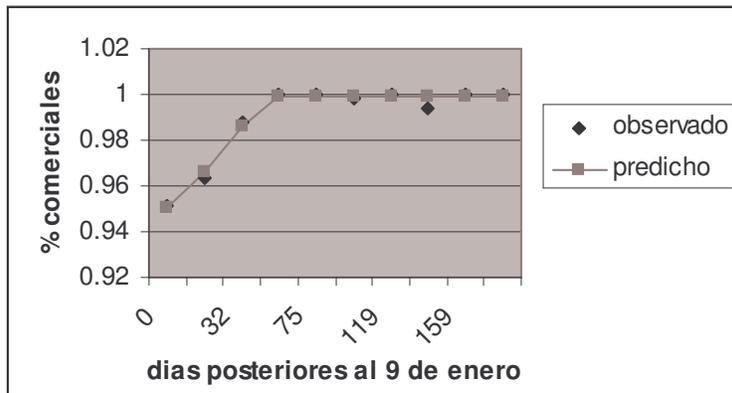
La media de X_0 para la variedad Valencia fue de 45 días para las situaciones productivas en las que se analizaron muestreos posteriores al 9 de enero, y de 88 días para las situaciones en las que se pudo contar con datos desde floración, que en los años ensayados ocurrió en las fechas 9 y 21 de octubre.

Si expresáramos para todas las situaciones la variable días como días posteriores a plena floración la media de X_0 sería de 117 días, con un máximo de 167 y un mínimo de 69.

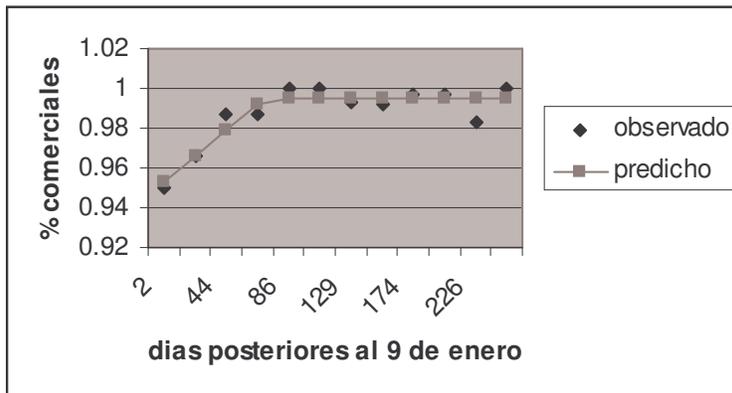
El procedimiento llevado a cabo sobre los datos de la variedad Valencia lograron resultados positivos ya sea cuando se comenzaron a muestrear los frutos a partir del 9 de enero o bien desde floración.

La figura 6 muestra tres ejemplos de modelación del porcentaje de frutos comercializables en los que se logró la convergencia en el modelo.

(a)



(b)



(c)

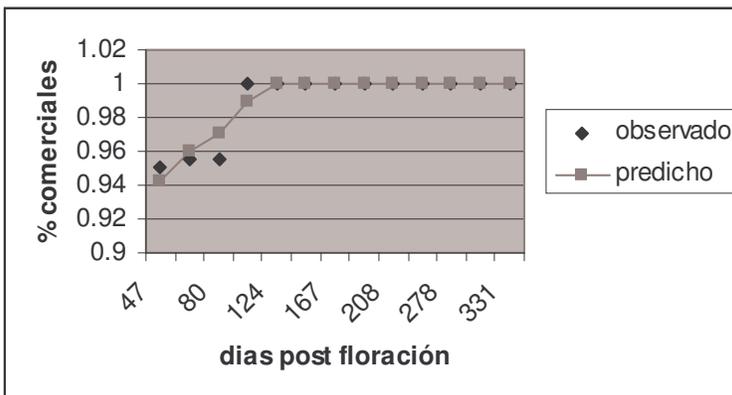


Figura 6: ejemplos de ajuste del modelo segmentado a la evolución de la proporción de frutos en calibres potencialmente comercializables para la variedad Valencia, a. Situación productiva nº 3, b. Situación productiva nº 23, c. Situación productiva nº 34.

Cuadro 13. Valores de X_0 , a y b y sus errores estándar, obtenidos de la modelación del porcentaje de frutos con calibre potencialmente comercializable para cada situación productiva en la variedad Valencia.

Situación productiva	X_0		a		b	
	Estimador	E. E.	Estimador	E. E.	Estimador	E.E.
1	80,70	10,34	0,941	0,005	0,00068	0,00012
3	43,20	2,91	0,950	0,002	0,00113	0,00010
11	13,55	0,01	-0,117	0,001	0,08240	.
14	35,49	1,29	0,867	0,004	0,00370	0,00018
15	39,18	1,44E-11	0,883	2,88E-14	0,00298	1,45E-15
16	31,02	0,63	0,840	0,003	0,00510	0,00014
17	43,78	1,32	0,900	0,002	0,00227	0,00009
18	30,92	0,42	0,818	0,002	0,00586	0,00011
19	0,27	9,54E-15	0,942	1,96E-15	0,21430	.
20	32,74	3,32E-11	0,921	6,53E-14	0,00240	3,30E-15
21	49,44	2,52	0,890	0,005	0,00215	0,00016
22	44,84	3,67	0,892	0,008	0,00222	0,00028
23	70,14	9,67	0,952	0,005	0,00062	0,00013
25	30,33	3,86	0,936	0,006	0,00200	0,00036
26	44,50	9,24	0,956	0,008	0,00087	0,00028
29	49,91	9,38	0,928	0,010	0,00125	0,00035
30	74,73	23,74	0,947	0,012	0,00065	0,00031
31	50,12	7,39	0,959	0,005	0,00077	0,00017
32	87,37	3,34	0,762	0,022	0,00272	0,00033
33	99,62	9,46	0,812	0,031	0,00189	0,00047
34	114,80	9,34	0,902	0,013	0,00086	0,00017
35	69,45	0,93	0,847	0,007	0,00219	0,00012
36	69,07	0,39	0,767	0,005	0,00338	0,00008

X_0 : Situaciones 1 a 31 equivale a días luego del 9 de enero y en las situaciones 32 a 42 corresponde a días post – floración.
a: proporción de frutos en calibres comerciales en el día cero (9 de enero para la situaciones 1-31 y fecha de floración para las situaciones 32-42)

b: pendiente de la recta en las fechas previas a X_0

En las restantes variedades y solamente a modo de análisis preliminares se modeló el porcentaje de fruta potencialmente comercializable por árbol, y se obtuvieron 353 modelos. En cada caso se calculó el valor X_0 , que representa el valor de t (días post-floración) a partir del cual el porcentaje permanece in cambiado y sería posible predecir el porcentaje de frutos comercializables. (Figura 7)

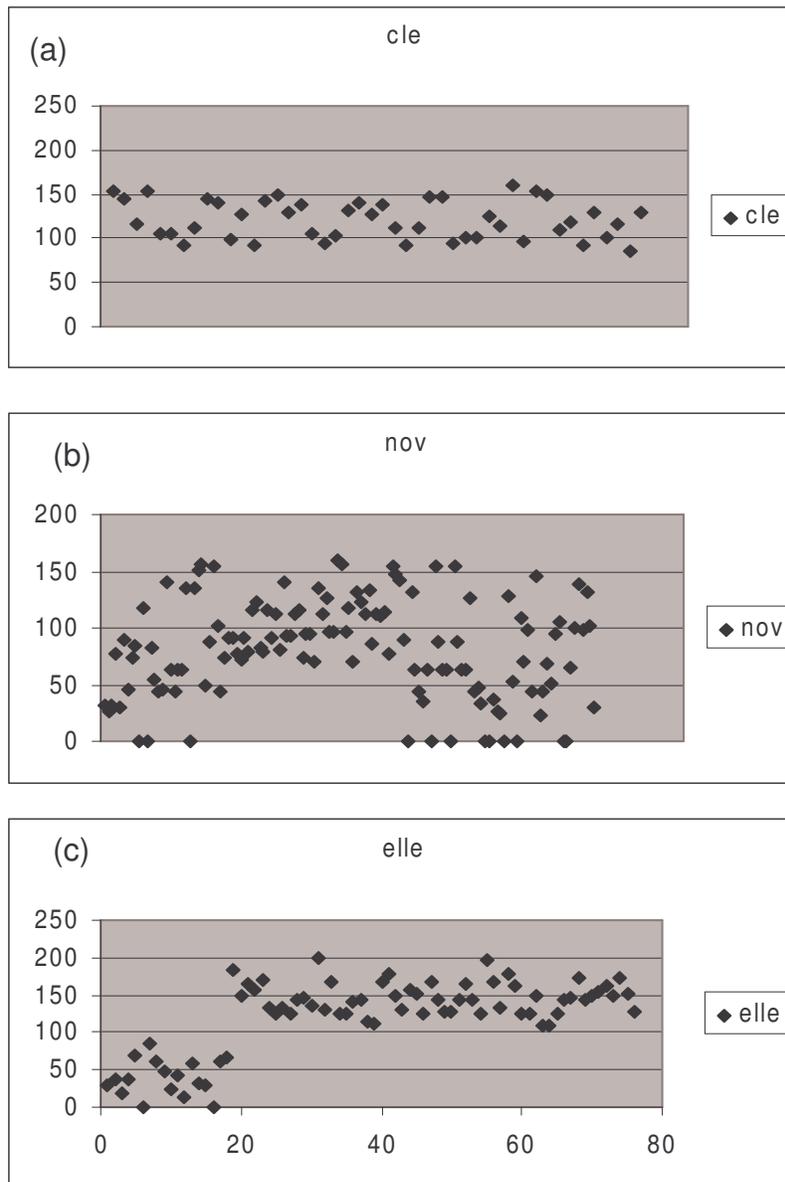


Figura 7. Valores de X_0 por árbol, (a) Clementina de Nules, (b) Nova, (c) Ellendale.

El valor medio de X_0 y su desvío estándar fue calculado para cada combinación variedad-año sobre aquellos resultados que se encontraron dentro del período de crecimiento del fruto, anulando aquellos resultados que no se encontraron en dicho período tanto por pequeños como por grandes. (Cuadros 14 y 15)

Cuadro 14. Media de X_0 , y desvío estándar por variedad y ciclo productivo.

Variedad	Ciclo productivo	Media de X_0	Desvío estándar
Ellendale	00-01	146.04	21.17
	01-02	39.39	23.21
Clementina de Nules	00-01	117.65	21.61
	01-02	124.37	20.41
Nova	00-01	91.06	49.21
	00-01	103.31	23.49
	01-02	57.44	36.21
	01-02	86.19	46.59
	01-02	59.70	44.87

Cuadro 15. Número de valores de X_0 totales por variedad y ciclo productivo y % de valores anulados en cada combinación.

Variedad	Ciclo productivo	Nº x_0	% de anulados
Ellendale	00-01	64	9
	01-02	42	57
Clementina de Nules	00-01	52	58
	01-02	36	33
Nova	00-01	22	41
	00-01	39	3
	01-02	20	10
	01-02	38	32
	01-02	40	20

Como puede observarse la proporción de árboles en los que el valor de X_0 debió ser anulado, superó en muchos de los casos el 10 % de los valores obtenidos, lo cual estaría determinando algunos desajustes de procedimiento.

Los resultados obtenidos en Ellendale fueron poco consistentes ya sea por los valores de X_0 en si mismos, que tuvieron diferencias muy grandes entre años, como por el hecho de que en una de las dos situaciones estudiadas la cantidad de valores de X_0 anulados ascendió al 57%. En este caso parecería que las series de

datos correspondientes a los ensayos conducidos en el ciclo 01-02 muestran algún tipo de inconveniente ya que es en este año en el que el valor medio de X_0 es muy bajo y el desvío estándar y el porcentaje de árboles que debieron ser anulados muy altos. Una hipótesis que puede manejarse como explicación a este fenómeno es que para la realización de los ensayos que proporcionaron los datos para el estudio de esta variedad se seleccionaron árboles que se encontraran en situaciones límite con respecto a la carga de fruta. Como es sabido la carga de fruta es un factor de mucha importancia en la determinación del tamaño de la misma. Esta situación estaría determinando la presencia en el ensayo de árboles con muy poca carga y fruta muy grande, lo que podría estar modificando la distribución del tamaño de frutos. Esta situación es aún más grave en los árboles correspondientes al tratamiento testigo, sobre los que no se realizaron intervenciones para controlar dicho factor, y en los que la falta de ajuste presentada por los métodos aquí planteados es más notoria.

La variedad Clementina de Nules mostró valores de X_0 mas estables, con desvíos relativamente bajos, pero el porcentaje de datos anulados fue alto en las dos situaciones estudiadas, 33 y 58%.

Al igual que en el caso de Ellendale, los resultados de la modelación del porcentaje de frutos comercializable obtenidos para Nova fueron muy inconstantes, encontrándose valores medios de X_0 muy cambiantes, con coeficientes de variación muy altos y un porcentaje alto de valores anulados en muchos de los casos.

4.4. PREDICCIÓN TEMPRANA DEL PORCENTAJE DE FRUTOS COMERCIALIZABLES.

La predicción temprana del porcentaje de frutos comercializables en cosecha se realizó sobre aquellas series de datos en las que la predicción del tamaño medio de fruto logró resultados confiables con un 95% de confianza y la modelación del porcentaje de frutos comercializables durante el ciclo productivo fue concluyente.

Por tanto, de las 11 situaciones no usadas en la obtención de los parámetros y modelos, en las que se realizó la predicción de tamaño medio de fruto, que incluían a series de datos de tratamientos testigo de las variedades Nova, Ellendale y Valencia, solo 7 fueron sometidas a la predicción del porcentaje de frutos comercializables en cosecha, dado que las restantes cuatro no lograron resultados positivos en las etapas anteriores.

Los resultados de esta predicción fueron positivos para la variedad Valencia, ya que en 5 de las 6 series de datos se logró una predicción confiable al 95%, con un tiempo de antelación a la cosecha de 156 días en ciclos productivos de un promedio de 345 días, es decir, cercano a completarse la mitad del tiempo promedio de crecimiento del fruto. En estos casos, por tanto, se ha logrado

conocer el tamaño medio de frutos y su distribución en calibres comerciales con un máximo de 5 meses previos a la cosecha (Cuadro 16).

En la variedad Ellendale pudo analizarse solamente un ciclo productivo y en este caso no se logró predecir el porcentaje de fruta comercializable.

Cuadro 16. Días post floración (DPF) y fecha en que se realizó la predicción (fecha), porcentaje predicho de frutos con calibre comercial (%pred), intervalo de confianza de la predicción (Li, Ls) y porcentajes de frutos en calibres comerciales obtenido en packing (%pack).

condición	DPF	fecha	%pred	%pack	Li (%)	Ls(%)
E 00-01	125	02-May	79.55	87.85	76	83
V 0001	193	02-May	78.24	73.35	67	79
V 9899	200	27-Abr	80.00	80.78	75	87
V azu 98	229	27-May	87.91	86.30	82	90
V mil 99	230	28-May	67.33	71.00	66	76
V azu 99	220	18-May	73.02	73.40	68	79
V mil 98	119	08-May	75.78	64.50	61	68

5. CONCLUSIONES

El tipo de modelo propuesto para la descripción del crecimiento de frutos (Mitscherlich-Spillman) se mostró adecuado para las variedades de cosecha tardía o de estación pero los resultados obtenidos para las variedades de cosecha temprana fueron poco alentadores.

En referencia a la predicción de tamaño medio de frutos las situaciones fueron variadas. Dado que la obtención de esta predicción depende de los resultados logrados en la modelación del crecimiento de los frutos, este procedimiento no pudo ser evaluado en las variedades de cosecha temprana. En la variedad Ellendale los datos con que contamos no permiten ser determinantes, ya que si bien los resultados no fueron consistentes, sería conveniente contar con un mayor volumen de información. Para el caso de Valencia los resultados de este procedimiento pueden considerarse muy positivos, ya que en la gran mayoría de las situaciones estudiadas se logró la predicción con éxito.

La modelación del porcentaje de calibres comercializables durante el ciclo productivo presentó resultados válidos cuando se trató de la variedad Valencia en la que para la mayoría de las series de datos las modelaciones y predicciones realizadas previo a esta instancia fueron provechosos. Para el resto de las variedades podríamos considerar que en una primera instancia los resultados se mostraron promisorios, debiéndose ajustar el modelo en función del alto número de datos que no fueron modelados adecuadamente.

Las estrategias a seguir para las diferentes variedades serán diversas, en función de los resultados obtenidos para cada una de ellas:

Clementina de Nules.

Sería conveniente modelar el crecimiento de frutos de la variedad Clementina de Nules con otros modelos para encontrar uno que se adecue a su forma de crecimiento. Según lo establece la bibliografía consultada un modelo lineal podría ser correcto para esta variedad, por lo tanto en este caso sería posible encontrar la tasa a la cual crecen los frutos, pero esto no nos permitiría predecir el tamaño de fruta en cosecha ya que un pequeño desajuste entre el momento en el que se espera ocurra la cosecha y el momento en el que esta realmente ocurra podría llevarnos a cometer errores importantes en la predicción.

Nova

En esta variedad deberían estudiarse otros modelos con el fin de predecir con cierto grado de confianza la media de frutos en cosecha.

En el caso en que la media de frutos en cosecha se lograra predecir con una buena confianza, sería conveniente continuar con el procedimiento para

predecir la proporción de frutos en calibres comerciales en cosecha, ya que los resultados de ésta modelación se mostraron muy promisorios para esta variedad.

Ellendale

Respecto a esta variedad podría concluirse que no es conveniente descartar a la familia de modelos Mitcherlich para modelar el crecimiento de frutos y predecir tamaño final, pero es necesario contar con más datos para definir tanto la modelación del crecimiento de frutos, las posibilidades de predicción del tamaño final del fruto, la modelación del porcentaje de frutos comercializables y la predicción de éste porcentaje.

Valencia

La metodología propuesta se muestra adecuada para el análisis de los datos pertenecientes a la variedad Valencia, en todos los objetivos propuestos. Siendo necesario a partir de estos datos, realizar una validación de los resultados con datos de un ciclo productivo que no haya sido empleado en las modelaciones.

6. RESUMEN

El tamaño de fruta es uno de los parámetros de calidad que determina las posibilidades comerciales de los frutos cítricos para consumo en fresco. Con el objetivo de obtener modelos que permitan describir adecuadamente el crecimiento de los frutos de las variedades estudiadas así como la proporción de frutos que se encuentran dentro del rango de fruta comercializable, y lograr predicciones del tamaño medio de fruto y la proporción de fruta dentro del rango de calibres con posibilidades de exportación en cosecha se utilizaron datos de mediciones de diámetro ecuatorial de fruto provenientes de ensayos que estudiaron la respuesta productiva de las variedades cítricas Clementina de Nules, Nova, Ellendale y Valencia a diferentes medidas de manejo. El número de situaciones productivas determinadas por las combinaciones variedad, año, sitio y manejo fue de 87, y el total de mediciones de diámetro de fruto utilizados fue 227671. Las mediciones fueron realizadas con calibre digital, en 30 frutos por árbol a una altura aproximada de 1,5 m. Los muestreos se realizaron desde que se encontrara determinado el cuajado y hasta la fecha de cosecha en intervalos de aproximadamente 21 días. Para modelar el crecimiento de fruto y predecir el calibre medio de fruto en cosecha se utilizó el modelo de Mitscherlich-Spillman. La modelación de la proporción de frutos en calibres potencialmente comercializables, durante el crecimiento del fruto, se realizó mediante un modelo segmentado que permite determinar una fecha en la cual la proporción de fruta potencialmente comercializable se estabiliza. La predicción de la proporción de fruta comercializable en cosecha se realizó a partir de la predicción de tamaño medio de fruta y la modelación del porcentaje de fruta potencialmente comercializable. Los valores obtenidos en las predicciones fueron validados con datos de muestreos en campo en el día de cosecha o datos provenientes de packing. Los resultados encontrados fueron muy positivos para la variedad Valencia en la que se encontraron resultados concluyentes para todos los objetivos planteados, lográndose modelar con precisión durante el período de crecimiento de fruto tanto el tamaño del fruto como la proporción de frutos dentro del rango de calibres potencialmente comercializables, así como predecir adecuadamente el tamaño final de fruto y la proporción de frutos comercializables en cosecha. En las restantes variedades los resultados fueron variados y será necesario en el caso de las variedades Clementina de Nules y Nova ajustar la metodología planteada y en el caso de Ellendale contar en principio con un volumen de datos mayor.

7. SUMMARY

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M., Almela, V., Aznar, M., Juan, M., Eres, V. 1995. Desarrollo y tamaño final del fruto en los agrios. Generalitat Valenciana. 80 p.
2. Agustí, M. 1985. El aumento de tamaño del fruto en mandarinas. Factores y tratamientos. Agrícola Vergel N° 45. pp: 559-562.
3. Atkins, T.A., 1990. Using crop loading models to predict orchard profitability. Acta Horticulturae 276. pp: 363-368.
4. Arnal, J. 1987 La exportación e importación al mercado norteamericano. Phitoma España, N° 90. pp: 187-189
5. Bain, J.M. 1958. Morphological anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, (*Citrus sinensis*. (L.) Osbeck). Aust. J. Bot., 6. pp: 1-24.
6. Bates, D. M. and Donald, G. W. 1988. Nonlinear regression analysis and its applications. Ed. John Wiley & Sons. EEUU. 367 p.
7. Bono Ubeda, R., Soler Aznar, J. Y Fernández de Cordova O'Connor L. 1985. Variedades de agrios cultivados en España. Generalidad Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. 70 p.
8. Bozzolo, A., Araya, E., Sudzuki, F., Gil, G. 1988 Bases para un modelo de predicción de calibres de frutos de Kiwi. Frutícola Vol. 9 N° 3. pp: 69-72.
9. Causon, D. R., Elias, C, O., and Hadley, P. 1978. Biometrical studies of plant growth. I. The Richards function, and its application in analyzing the effects of temperature on leaf growth. Plant, Cell and Environment (1978) 1. pp: 163-184.
10. Eulacio N., Caputi, P. 1990. Uso de técnicas de regresión. Tomo 1. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Unidad de Estadística y Computo. 59 p.
11. Eulacio N. y Ortiz, P. 1995. Análisis de modelos matemáticos aplicados en las ciencias agrarias. Volumen I. Montevideo. Facultad de Agronomía. 153 p.
12. Ferenczi, A., Gambetta, M. Franco, J., Arbiza, H. y Gravina, A., 1999. Crecimiento del fruto, tamaño final y productividad en naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* L. Osb.) con la aplicación del ácido 2,4-diclorofenoxipropionico. Agrociencia. Vol. III N° 1. pp: 51-57.

13. Franco, J. y Gravina, A. 2000. Early prediction of fruit size at harvest for 'Valencia' Orange using experimental data. Proc. Int. Soc. Citriculture. Vol. 1. pp: 456-458.
14. Franco. Apuntes de clase del curso de Métodos Cuantitativos III.
15. Fregoni, M. 1999. Viticoltura di qualità. Edizioni l'Informatore Agrario S.R.L. Verona. 707 p.
16. Gilfillan I.M. 1987. Factors affecting fruit size in 'Tomango' and 'Valencia' oranges and practical measures for its improvement. Citrus Journal ISSN 0257-2095 N° 638. pp: 7-13
17. Gravina, A. 1999. Ciclo Fenológico reproductivo en citrus; Bases Fisiológicas y Manejo. 1ª. Edición. Uruguay, Comisión Sectorial de Investigación Científica. 55 p.
18. Guardiola J.L., 1992. Fruit set and growth. Seminário internacional de Citros. Bebedouro, Sao Paulo, Brazil. Proceedings. pp: 1-30.
19. Koch, N., Theron, K. and Rabe, E. 1996. Fruit size prediction in 'Clementine' and 'Satsuma' mandarin and improvement of 'Clementine' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit size by 2,4-DP. Proc. Int. Soc. Citriculture, vol.2. pp: 739-744.
20. López, S., France, J., Dhanoa, M. S., Mould, F., and Dijkstra, J. 1999. Comparison of mathematical models to describe disappearance curves obtained using the polyester bag technique for incubating feeds in the rumen. J. Anim. Sci. 77. pp: 1875-1888.
21. Monselise, S.P. 1977. Citrus fruit development: endogenous systems and external regulation. Proc. Int. Soc. Citriculture, Vol.2. pp: 664-668.
22. Mañes Fortich, V. 1997 Análisis de los mercados emergentes: EE.UU. y Japón. Phytoma España N°90. pp: 183-186
23. Ortega, S., Flores, L. y León, L. 2002 Elaboración de una tabla predictiva de diámetro de manzanas cv. Granny Smith usando los grados días acumulados. AGRICULTURA TÉCNICA (CHILE) 62 (4). pp: 624 – 632
24. Ortega, S., Flores, L., Retamales, J. 1998 Modelo logístico para predecir el crecimiento en diámetro de las manzanas (variedad Granny Smith). Frutícola Vol.19 N° 1. pp: 15-18
25. Ortega, S., Flores, L., Retamales, J. 1997 Elaboración de una tabla para predecir calibre de manzanas, variedad red spur. Frutícola vol.18 N° 1. pp: 21-25.

26. Otero, A. y Spina, M. 1996. Predicción de calibres de frutos a la cosecha. INIA Salto Grande-Facultad de Ergonomía. Serie de actividades de Difusión N° 118. pp: 17-24.
27. Ostle, B. 1990. Estadística Aplicada. Editorial Limusa México D.F. 11ª reimpresión. 629 p.
28. Reyes, L. P. 1983. Ajuste de diversos modelos de regresión asintótica utilizados en ensayos agronómicos. Revista de la AIA 1(1), pp: 22-30.
29. Ricklefs, R. E. 1967. A graphical method of fitting equations to growth curves. Ecology, Vol.48 n°6. pp: 978-983.
30. Saunt, J. 2000. Citrus varieties of the world. Sinclair International Limited. Norwich, England. 156 p.
31. SAS/STAT® Software: Changes and enhancements through release 6.12, Cary, NC:SAS Institute Inc., 1997. 1167 p.
32. Storey, R. And Treeby, M. T. 1999. Short- and long-term growth of navel orange fruit. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 74 (4). pp: 464-471.
33. Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria Nacional del Plan Citrícola. 1997. Censo Nacional Citrícola 1996. 100 p.
34. Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria Nacional del Plan Citrícola. 1999. Encuesta Citrícola.
35. Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria Nacional del Plan Citrícola. 2000. Encuesta Citrícola.
36. Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria Nacional del Plan Citrícola. 2001. Encuesta Citrícola.
37. Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria Nacional del Plan Citrícola. 2002. Encuesta Citrícola.
38. Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria Nacional del Plan Citrícola. 2003. Encuesta Citrícola.
39. Welte, H.F. 1990. Forecasting harvest fruit size during the growing season. Acta Horticulturae 276. pp:275-282.
40. Westwood, M.N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. España. Ediciones Mundi Prensa. 461 p.

9. ANEXOS