

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO FENOLÓGICO DE NUEVOS CULTIVARES DE PECÁN  
“*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch”

por

Alejandra PALLANTE ALFARO  
Agustín PÉREZ GRAÑA

TESIS presentada como  
uno de los requisitos para  
obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2019

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. (PhD.) Roberto Zoppolo

-----  
Ing. Agr. (MSc.) Alfredo Gravina

-----  
Ing. Agr. Carolina Fasiolo

Fecha: 23 de agosto de 2019

Autores: -----  
Alejandra Pallante Alfaro

-----  
Agustín Pérez Graña

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a nuestras familias por brindarnos la posibilidad de realizar una formación universitaria y darnos su apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera.

También a quienes hicieron posible la realización de este trabajo, principalmente a INIA Las Brujas por brindarnos el material genético para el estudio, además de las herramientas e instalaciones. A Roberto Zoppolo quien nos brindo su experiencia, conocimiento y dedicación en todo momento; a Carolina Fasiolo por guiarnos y acompañarnos siempre con buena disposición; y a Alfredo Gravina quien nos motivó, insistió y cuestionó en cada etapa de la tesis.

A Juan José Villamil y David Bianchi, por su paciencia y colaboración en la etapa de campo y brindarnos la información histórica necesaria.

A la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay (APPU) por la información brindada y las oportunidades de dar a conocer el trabajo.

Por último y no menos importante a nuestra casa de estudio (Facultad de Agronomía), que siempre nos abrió sus puertas y nos brindó las herramientas para nuestra formación.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 ASPECTOS GENERALES.....	3
2.1.1 <u>Origen</u> .....	3
2.1.2 <u>Característica botánica</u> .....	4
2.1.2.1 Clasificación taxonómica.....	4
2.1.2.2 Descripción botánica.....	4
2.2 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS DEL PECÁN.....	6
2.2.1 <u>Agua y temperatura</u> .....	6
2.2.2 <u>Requerimiento de frío</u> .....	6
2.2.3 <u>Humedad y corrientes de aire</u> .....	7
2.2.4 <u>Suelo</u> .....	7
2.2.5 <u>Nutrientes minerales</u> .....	7
2.3 CONDICIONES EDAFO-CLIMÁTICAS EN EL PAÍS.....	10
2.4 ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE NUEZ PECÁN.....	11
2.5 CICLO FENOLÓGICO REPRODUCTIVO.....	13
2.5.1 <u>Ciclo fenológico del cultivo</u> .....	13
2.5.1.1 Desarrollo vegetativo.....	14
2.5.1.2 Desarrollo reproductivo.....	17
2.5.1.3 Etapa de senescencia.....	23
2.6 COSECHA.....	23

2.7 ALTERNANCIA EN LA PRODUCCIÓN DEL NOGAL PECÁN.....	24
2.8 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO .....	25
2.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVARES .....	26
2.9.1 <u>Cape Fear</u> .....	26
2.9.2 <u>Desirable</u> .....	27
2.9.3 <u>Elliott</u> .....	27
2.9.4 <u>Gloria Grande</u> .....	28
2.9.5 <u>Shoshoni</u> .....	28
2.9.6 <u>Starking</u> .....	29
2.9.7 <u>Stuart</u> .....	29
2.9.8 <u>Success</u> .....	30
2.9.9 <u>Sumner</u> .....	30
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	32
3.1 LOCALIZACIÓN.....	32
3.2 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA TEMPORADA .....	33
3.3 METODOLOGÍA .....	34
3.3.1 <u>Relevamientos realizados</u> .....	34
3.3.1.1 Fenología.....	34
3.3.1.2 Crecimiento de fruto .....	35
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	36
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA EN EL PERÍODO DE ESTUDIO .....	36
4.1.1 <u>Acumulación de frío invernal</u> .....	36
4.1.2 <u>Precipitaciones</u> .....	37
4.1.3 <u>Humedad relativa</u> .....	39
4.1.4 <u>Velocidad del viento</u> .....	40
4.1.5 <u>Temperatura</u> .....	42
4.2 ANÁLISIS DE LAS FASES ANUALES: VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA .....	43
4.2.1 <u>Brotación</u> .....	43
4.2.2 <u>Floración</u> .....	45

4.2.3 <u>Cuajado y caída de frutos</u> .....	48
4.2.4 <u>Crecimiento de fruto</u> .....	51
4.3 COSECHA .....	54
4.3.1 <u>Descripción por cultivar</u> .....	56
4.3.1.1 Cape Fear .....	56
4.3.1.2 Desirable .....	57
4.3.1.3 Elliott .....	57
4.3.1.4 Gloria Grande .....	58
4.3.1.5 Shoshoni .....	58
4.3.1.6 Starking .....	59
4.3.1.7 Stuart .....	59
4.3.1.8 Success .....	60
4.3.1.9 Sumner .....	60
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	62
6. <u>RESUMEN</u> .....	63
7. <u>SUMMARY</u> .....	64
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	65
9. <u>ANEXOS</u> .....	77

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Rangos aceptables y óptimos de nutrientes en hojas de pecán en base seca. ....	8
2. Requerimientos nutricionales del nogal pecanero por hectárea. ....	8
3. Resumen de las características de los cultivares y resistencia a sarna.....	31
4. Horas de frío y unidades de frío (junio - agosto) en los diferentes años.....	37
5. Balance hídrico por fases del cultivo en mm.....	39
6. Humedad relativa (mínimo, máximo y media en %) desde setiembre 2016 a febrero 2017. ....	40
7. Promedios y máximos mensuales de velocidad del viento. ....	41
8. Cultivares y fechas de estados fenológicos .....	45
9. Comparación de estados fenológico para el cultivo en distintos sitios y años con los relevados en este trabajo.....	48
10. Porcentaje remanente de caída de flores y frutos para cada cultivar. ....	50
11. Etapas comparativas de crecimiento del fruto a partir de receptividad de estigma hasta fin de llenado de fruto.....	53
12. Datos de cosecha. ....	55
13. Datos de cosecha Cape Fear .....	56
14. Datos de cosecha Desirable .....	57
15. Datos de cosecha Elliott .....	57
16. Datos de cosecha Gloria Grande.....	58
17. Datos de cosecha Shoshoni .....	58
18. Datos de cosecha Starking .....	59
19. Datos de cosecha Stuart.....	59
20. Datos de cosecha Success.....	60
21. Datos de cosecha Sumner.....	60

Figura No.

1. El área nativa de pecán .....	3
2. Mapa grupo de suelos CONEAT en los cuadros en estudio.....	11
3. Etapas fenológicas del nogal pecanero, en la Región Lagunera, México (hemisferio Norte).....	13
4. Etapas de crecimiento vegetativo de Pecán. ....	15
5. Yema primaria y de reserva existente en cada nudo de nogal pecanero.....	16
6. Crecimiento del brote de nogal cultivar Western. Región Lagunera.. ..	17
7. Crecimiento del fruto de nuez en función del peso seco y días después de receptividad del estigma .....	19
8. Crecimiento del fruto en función del largo y ancho (cm) .....	20
9. Desarrollo del fruto de nogal pecanero, parte 1 (hemisferio Norte) .....	21
10. Desarrollo del fruto del nogal pecanero, parte 2 (hemisferio Norte).....	22
11. Cultivar Cape Fear.....	26
12. Cultivar Desirable.....	27
13. Cultivar Elliott .....	27
14. Cultivar Gloria Grande. ....	28
15. Cultivar Shoshoni.....	28
16. Cultivar Starking.....	29
17. Cultivar Stuart.. ..	29
18. Cultivar Success.. ..	30
19. Cultivar Sumner. ....	30
20. Localización del monte en estudio .....	32
21. Cuadros con sus respectivos cultivares. ....	34
22. Precipitación mensual y evapotranspiración en el período de estudio.....	38
23. Balance hídrico en el período de estudio.....	38
24. Daño por viento en Succes (izquierda) y Desirable (derecha).....	41
25. Temperaturas máximas, mínimas y medias durante el período de floración.....	42



26. Estado A .....	43
27. Estado B 15/09 .....	43
28. Estado C1 y C2.....	44
29. Estado D y E .....	44
30. Estigmas receptivos (izquierda), observación en lupa (derecha) 22/10.....	46
31. Fechas de floración por cultivar para el año 2016. ....	47
32. Formas de dicogamia que presenta el nogal pecanero .....	47
33. Línea del tiempo: crecimiento de fruto de Success.....	52
34. Gráfico de crecimiento de fruto en diámetro, largo (mm) y peso (g). ....	53
35. Apertura de ruezno, Gloria Grande 19 de abril de 2017. ....	54
36. Cosecha de Success 29 de mayo de 2017.....	55
37. Cape Fear .....	56
38. Desirable.....	57
39. Elliott .....	57
40. Gloria Grande .....	58
41. Shoshoni.....	58
42. Starking.....	59
43. Stuart .....	59
44. Success .....	60
45. Sumner .....	60

## 1. INTRODUCCIÓN

El nogal (*Carya illinoensis* (Wangehn.) K. Koch), se cultiva en Uruguay como una alternativa comercial, generalmente en predios agrícolas y ganaderos, además de proporcionar abrigo y sombra para los animales. Últimamente va adquiriendo mayor importancia a nivel productivo y comercial por su prometedor retorno de la inversión y con menores problemas sanitarios que otras especies frutícolas. Es por esto que inversionistas se han volcado a este rubro, al igual que viene sucediendo con los olivos. A diferencia de la nuez europea (*Juglans regia* C. Linneo), el pecán es de origen norteamericano y puede ser usada con triple propósito: ornamental, frutal y forestal, aunque para Uruguay se generó, además, el interés como abrigo para la ganadería.

Una de las características más particulares de esta especie, es que presenta las flores masculinas y femeninas en el mismo pie (Diclinomonoica) y a su vez, maduran en distinto momento (Dicogamia), existiendo cultivares que primero presentan una maduración de las flores femeninas (Protoginia) y otros una maduración de las flores masculinas primeramente (Protandria, Aragón, 2004). Es importante, por lo mencionado anteriormente, conocer los períodos de liberación del polen y de receptividad del estigma de cada cultivar para elegir los que se sincronicen adecuadamente y así, ubicar en el campo, aquellos que permitan obtener una correcta polinización cruzada (Madero et al., 2017). A su vez, tal comportamiento es muy dependiente de las variables climáticas que suceden entre años y dentro del mismo, haciendo que a veces un cultivar protándrico se convierta en protogínico o viceversa.

En Uruguay existen cultivos comerciales que datan de la segunda mitad del siglo XX, muchos de ellos originados a partir de semilla y distribuidos heterogéneamente por todo el territorio nacional. El área que ocupa actualmente, este cultivo es de 550 ha, representando 44.000 árboles aproximadamente (APPU, 2017). En la estación experimental de INIA Las Brujas, los primeros cultivares fueron instalados en 2010 para investigación, difusión y extensión; los cuales sirvieron para el desarrollo de este trabajo. En 2017 los productores de pecán se organizan, conformando la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay (APPU) para el intercambio de información y experiencias generadas en el rubro. En el mismo año se realiza por parte de INIA Las Brujas el 3er. curso de producción de pecán contando con la participación de investigadores y productores extranjeros (Argentina, Brasil y México).

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este trabajo, es la determinación de la adaptación de distintos cultivares de pecán, instalados en el campo experimental de INIA Las Brujas, a las condiciones agroecológicas locales y a partir de su comportamiento, establecer el grado de sincronización reproductiva entre los mismos.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudio, análisis y comparación de la fenología de los cultivares seleccionados para la evaluación del comportamiento reproductivo y vegetativo.
- Evaluación del porcentaje de cuajado final de los cultivares seleccionados.
- Análisis de la evolución del crecimiento del fruto para graficar la curva de crecimiento en uno de los cultivares en estudio.

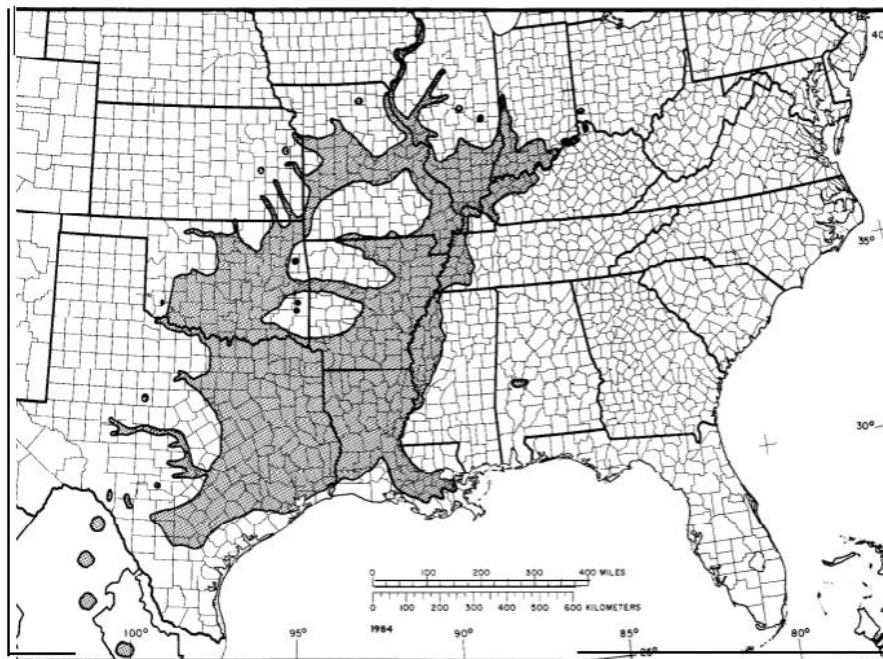
## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASPECTOS GENERALES

#### 2.1.1 Origen

El Pecán (*Carya illinoensis* (Wang.) K. Koch) es nativo del valle del río Mississippi, y su hábitat natural (figura 1) se extiende desde el Suroeste de Texas hasta el Sureste de Alabama, de Norte a Sur de Illinois, y al Sur de las montañas del Norte de México (Vendrame y Wetzstein, 2005). Crece también localmente en todo el Noreste y centro de México (Toole, 1965).

La palabra pecán procede del indígena americano náhuatl paccan o pakana que alude a una nuez que requiere una piedra para partirse (RAE, 2014).



**Figura 1. El área nativa de pecán.**  
Fuente: tomado de Peterson (1990).

## **2.1.2 Característica botánica**

### **2.1.2.1 Clasificación taxonómica**

Según Brison (1976), resumió la clasificación de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Espermatofitas

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Familia: Juglandaceae

Género: *Carya*

Especie: *C. illinoensis* K.

### **2.1.2.2 Descripción botánica**

El árbol puede alcanzar una altura de 25 m (excepcionalmente llega hasta los 45 m) y puede superar los 100 años de edad, produciendo en ese momento más de 100 Kg de nueces por planta, aunque en la mayoría de los cultivares a mayor edad del árbol, el tamaño de la nuez tiende a disminuir. Se caracteriza por ser un árbol multipropósito debido a que tiene importancia como frutal, por la producción de nuez y como especie forestal, por su madera y producción de sombra. Es utilizado además como especie ornamental por su porte majestuoso y el colorido de sus hojas. Presenta una madera semipesada de buena calidad, elástica, utilizada para ebanistería, parquetes, cabos de herramientas y maderas terciadas (INIFAP 2002, Frusso 2007).

Especie caducifolia, de tronco recto; corteza grisácea o castaña, lisa en los ejemplares jóvenes, escamosa y longitudinalmente agrietada con la edad. Ramas extendidas formando una copa amplia, globosa. Ramitas con médula sólida y homogénea, delgadas, bronceadas a castaño-rojizas. Yema terminal oblonga, de 6 a 12 mm de longitud, más larga que las axilares, castaño-amarillenta; escamas valvadas (Hurell et al., 2011).

Presenta una raíz pivotante en el primer y segundo año de crecimiento; crece más del doble de su follaje. A partir del tercer año en adelante, se hace semifibrosa y se extiende en su radio que se ensancha horizontalmente hasta abarcar un área semejante o mayor a la alcanzada por el follaje, pudiendo llegar a desarrollarse a una profundidad de 3,6 a 5,4 m al momento de la madurez del árbol (Mendoza 1969, Camargo 2001).

El follaje se caracteriza por ser denso, con una copa de forma semiesférica. Las hojas son compuestas, estipuladas, alternas e imparipinnadas, de 25 a 35 cm de longitud. Cada hoja tiene de 5 a 10 (en

promedio) foliolos grandes en posición opuesta. Las láminas son de formas ovado-elípticas o elípticas, de 5 a 18 cm de longitud por 2,5 a 4 cm de ancho. El foliolo terminal en general es más grande que los laterales, con el ápice acuminado, margen aserrado, base oblicua, el haz es glabro, su envés es escamoso, pubescente o glabrescente. Al cortarlas despiden un olor típico. Pecíolos de 4 a 8 cm de longitud, glabros o glabrescentes (Mendoza 1969, Hurell et al. 2011).

Las yemas pueden ser clasificadas como terminales o laterales. Las terminales se forman cuando cesa el crecimiento. No todos los puntos de crecimiento forman una yema terminal, esto ocurre cuando algunos puntos de crecimiento abortan dejando un talón sobresaliente o cuando se forman racimos terminales de nueces. Las laterales se forman en los nudos de los tallos, en las axilas de las hojas, por lo que también se les llama yemas axilares. El crecimiento de las yemas axilares produce la ramificación de los nogales. Las yemas axilares producen esencialmente grupos de yemas en el mismo nudo (Brison, 1974). El número de yemas por nudo varía con el cultivar. Lo normal es que se tengan de dos a tres yemas. Estas diferentes yemas se encuentran alineadas en forma vertical, la superior es la primaria y normalmente la más grande, la que probablemente brote la primavera siguiente y produzca flores masculinas o femeninas. Debajo de las primarias se encuentran las secundarias, las cuales tienen menor capacidad de fructificación (Núñez et al., 2001).

Es una especie monoica, presentando sus flores unisexuales de coloraciones verdosas. Las flores estaminadas (masculinas) se presentan en inflorescencias amentiformes de 8 a 18 cm de longitud, subsésiles, reunidas en grupos de tres, en gran número sobre ramitas del año anterior; con 3 a 10 estambres y anteras escasamente pilosas. Las flores pistiladas (femeninas) se encuentran en espigas terminales paucifloras, reunidas de 2 a 8 en un pedúnculo corto, en las ramas del año y se encuentran rodeadas por un grupo de 4 a 6 hojas, siendo apétalas. Posee un ovario ínfero, estilo ausente con la prolongación de dos estigmas carnosos muy replegados (Hurell et al., 2011). La maduración de las mismas no es coincidente, presentando cultivares protándricos y protogínicos, por esto se dice que es una especie heterodicogámica, recomendando plantar varios cultivares que se sincronicen en la floración. La polinización es anemófila (Núñez et al. 2001, Lemus 2004) y es efectiva hasta 50 m entre plantas con una reducción sustancial de la fructificación en espacios más grandes (Conner 2011, Wells 2017).

El fruto es drupáceo elipsoide u ovoide-elipsoide, de 2,5 a 6 cm de longitud por 1,5 a 3 cm de diámetro; cáscara (proveniente de la bráctea y las bractéolas) de 3 a 4 mm de grosor, con suturas aladas, dehiscente; nuez no

comprimida ni angulada, lisa, castaño oscuro con manchas negras. Semilla cerebroide de color castaño-rojizo.  $2n = 32$  (Hurell et al., 2011).

## **2.2 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS DEL PECÁN**

### **2.2.1 Agua y temperatura**

El nogal es un cultivo altamente demandante de agua (Sammis et al. 2004, Wang et al. 2007, Samani et al. 2011). Según Peterson (1990), el mínimo de precipitación anual que tolera es de 750 mm, mientras que el máximo se ubica en 2.000 mm. Durante la etapa de crecimiento del fruto deben producirse por lo menos 500 mm de precipitación.

El máximo valor de consumo de agua se alcanza durante los meses de junio, julio y agosto (hemisferio Norte) con valores de 9,5 a 10,7 litros/día/árbol en el primer año de implantado, mientras que en el segundo año estos valores en los meses de junio y julio se cuadruplican (Godoy et al., 2000).

Los nogales se comportan adecuadamente a una temperatura media del verano de 27°C, con valores extremos entre 41 y 46°C, y sin amplia variación entre el día y la noche (Brison, 1976). Además, requiere de una temperatura media de invierno de entre -1 y 10°C, con extremos entre -18 y -29°C (Medina, 1980).

El nogal requiere de un mínimo de 4500 a 5000 unidades de calor con punto crítico de 10°C (Wolstenholme, 1979). La suficiente acumulación de calor es necesaria para la correcta maduración del fruto (Gladden, 1979).

### **2.2.2 Requerimiento de frío**

Para esta especie el período medio libre de heladas (número de días entre la última helada del invierno y la primera de la siguiente temporada fría), debe oscilar entre 180 y 240 días (Wolstenholme 1979, Wood y Payne 1991, 1993, Herrera y Clevenger 1996b). Esto se debe a que es un árbol de hojas caducas y debe satisfacer cierto requerimiento de frío en el período de reposo. Para esta especie, dicho requerimiento está dado por el número de horas inferior a 7°C, que se considera debe ser al menos de 400 horas. Se ha observado que se requieren entre 400 y 800 horas de frío para que el nogal inicie su brotación, dependiendo del cultivar (Brison 1976, Madden 1979, Medina 1980, Herrera y Clevenger 1996b, Grageda et al. 2015). Cuando la

acumulación de horas de frío supera las 500 horas, se obtienen rendimientos mayores que cuando se acumulan solo 300 horas (Lemús, 2004).

### **2.2.3 Humedad y corrientes de aire**

Dado que la polinización es anemófila, la humedad relativa del ambiente en época de polinización no puede ser superior al 80%, porque se ve perjudicada la liberación del polen, debido a que las anteras no abren para liberar el polen si hay alta humedad (Brisson, 1976). Las fuertes corrientes de aire también afectan el período de liberación de polen al igual que la receptividad del estigma, haciendo que primaveras muy ventosas reduzcan este período por la rápida deshidratación de las anteras y los estigmas. Existen, también, ciertos cultivares susceptibles a roturas de ramas por el viento, agravando el problema en aquellas plantas que no han sido bien conducidas (Takata y Varela, 2013).

### **2.2.4 Suelo**

Suelos profundos, fértiles, no salinos, y bien drenados, de textura franco-arcillo-limosa y con un pH levemente ácido a neutro (6,5 a 7) son los ideales para el cultivo de Pecán, aunque se adaptan a distintas condiciones (INIFAP 2002, Casaubon 2007). En suelos de textura arenosa el drenaje puede ser excesivo y la retención de humedad baja, debiéndose prestar especial atención al riego, mientras que en suelos muy pesados (arcillosos) además de dificultarse el drenaje, puede llegar a afectarse el crecimiento del sistema radicular.

Se debe tener en cuenta que, en suelos bajos y mal drenados puede existir anegamiento generando condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades fúngicas afectando, en muchos casos, el crecimiento de la planta. Además, suelos con napa freática alta pueden generar problemas de falta de oxígeno a nivel radicular, sobre todo en terrenos cercanos a cursos de agua; en caso de que la napa esté alta es importante que no presente fluctuaciones y que el agua no tenga alto contenido de sales (Madero et al., 2016), ya que la mayor cantidad de raíces activas del nogal se localizan dentro del primer metro de profundidad de suelo (Godoy et al., 2000).

### **2.2.5 Nutrientes minerales**

La manera efectiva de determinar los nutrientes necesarios es mediante el análisis foliar, en conjunto con los antecedentes del manejo de la fertilización, las observaciones del follaje y la calidad y rendimiento en cosecha (INIFAP,



2002). En el cuadro 1 se presenta una orientación de rangos óptimos y aceptables de nutrientes en un muestreo de hojas de pecán.

**Cuadro 1. Rangos aceptables y óptimos de nutrientes en hojas de pecán en base seca.**

<b>Elemento</b>	<b>Aceptables</b>	<b>Óptimos</b>
<b>N</b>	2.5-4.00 %	3.0%
<b>P</b>	0.15-0.30 %	0.2%
<b>K</b>	0.75-1.25%	1.1%
<b>Ca</b>	0.70-3.00 %	1.1%
<b>Mg</b>	0.30-0.60 %	0.5%
<b>Fe</b>	50-300 ppm	200 ppm
<b>Mn</b>	40-300 ppm	100 ppm
<b>Zn</b>	80-500 ppm	100 ppm
<b>B</b>	20-45 ppm	

Fuente: tomado de Aldred et al. (2012).

Esta especie frecuentemente presenta deficiencias de nitrógeno (N) y zinc (Zn), nutrientes que producen mayor respuesta al crecimiento, desarrollo de la planta y calidad de la producción (cuadro 2). En el Norte de México las mayores aplicaciones son de nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros (Ojeda et al., 2009).

**Cuadro 2. Requerimientos nutricionales del nogal pecanero por hectárea.**

<b>Nutriente</b>	<b>Kg nutrientes/ha</b>
Nitrógeno	17.06
Fósforo	3.86
Potasio	7.38
Calcio	6.52
Magnesio	0.98
Manganeso	0.138
Hierro	0.054
Boro	0.02
Cobre	0.016
Zinc	0.056
Molibdeno	0.0036

Fuente: tomado de Ojeda et al. (2009)

Como ocurre con la mayoría de los frutales, los nutrientes son almacenados en tejidos de reserva y luego reciclados, siendo vital para las especies caducifolias, ya que el crecimiento inicial durante el principio de primavera utiliza en gran medida el N almacenado previamente por la planta. Se absorbe poco N hasta el momento en que se produce el crecimiento sostenido en brotación. Solamente el 40- 50% del N en planta proviene de la aplicación de fertilizante en la temporada actual (Weinbaum et al., 1992).

Cortes et al. (1989), señalan que los síntomas de deficiencia de N provocan variados matices en el color de las hojas, que van desde el amarillo hasta el café rojizo en casos muy extremos; por otra parte, el follaje ralo, así como el tamaño que alcancen los brotes nuevos, influyen directamente en la actividad fotosintética de la planta.

La deficiencia de Zn inhibe la síntesis de clorofila, afecta la conductancia estomática y reduce la fotosíntesis (Hu y Sparks, 1991). Los síntomas iniciales muestran folíolos pequeños y cloróticos con bordes ondulados, clorosis internerval significativa y crecimiento internodal reducido, dando a las ramas terminales un aspecto de “escoba de bruja” o arrosetado. En casos severos las puntas de las ramas se secan, la planta detiene el crecimiento y disminuye el rendimiento. Hu y Sparks (1990), observaron que con deficiencias severas de Zn las ramas no solo quedaron arrosetadas, sino que, no produjeron amentos ni flores femeninas, reduciendo el número de frutos por rama. Otra consecuencia es la supresión del desarrollo del fruto, la demora y escalonamiento en la apertura del mismo.

La mayor tasa de acumulación de fósforo (P) en la planta ocurre en el período que va desde la brotación (fin de setiembre), hasta el fin del desarrollo de rama del año (diciembre). Luego, a partir de enero, las pérdidas de P exceden a las ganancias. La partición del P dentro de la planta sugiere que el requerimiento anual de este elemento, en las distintas partes del pecán es una combinación de nueva absorción y relocalización. El transporte de P al fruto es extremadamente rápido en la última fase de llenado del fruto, durante los meses de setiembre y octubre en el hemisferio Norte (marzo y abril en el hemisferio Sur), estando relacionado con una declinación del contenido en hoja durante ese período. Las hojas parecen ser la principal fuente de P que satisface la demanda de fin de temporada, durante el desarrollo del fruto (Smith, 2009). Aplicaciones de fósforo produjeron un incremento en el volumen, peso y cáscara de nuez, pero no hubo respuesta en el peso de embrión y porcentaje de llenado (Sparks, 1988).

## 2.3 CONDICIONES EDAFO-CLIMÁTICAS EN EL PAÍS

El clima de Uruguay es característico por su ubicación geográfica (entre los 30 a 35° de latitud Sur), por su cercanía con el océano Atlántico, el relieve de su territorio y zonas circundantes y por la circulación atmosférica regional (Duran et al., 1990). Según Santibáñez (1994), que propone diferentes zonas agroclimáticas del continente americano, el tipo climático es templado, presentando cuatro estaciones bien marcadas. La temperatura media anual para el país es de 17°C, con variaciones de 16 °C a 19 °C de Sur a Norte respectivamente. Las temperaturas medias mensuales varían entre 7°C en julio (mínima) y 25°C en enero (máxima). La humedad relativa media anual oscila entre 70 % y 75%, siendo el mes más húmedo julio (80%) y el más seco enero (65%). Los inviernos son suaves (500-600 HF) con riesgos de presencia de heladas tardías desde el 20 de julio al 15 de agosto (INUMET, 2018). Contarín y Curbelo (1987), regionalizan al país en tres zonas mediante el modelo Weinberger (horas de frío), con un mínimo de 550 horas de frío en la periferia del país y 700 hacia el centro del país (para durazno, anexo 1).

La precipitación alcanza a 1100 mm promedio anual, caracterizado por tener un régimen isohigro, con variaciones entre Sur y Norte de 900 mm mínimos y 1300 mm máximos respectivamente. No existen diferencias significativas y sistemáticas en la distribución mensual de las lluvias a lo largo del año, registrándose una media de 100 mm mensuales, aunque se observan mínimos de 60-70 mm en el Sur y máximos de 110-140mm en el Norte. La regularidad de las precipitaciones, sin embargo, es bastante reducida, habiéndose registrado valores extremos tan bajos como 600 mm (1916) y elevados como 1785 mm (1914). En los últimos 10 o 20 años esto se refleja en la ocurrencia de sequías importantes, así como períodos de gran exceso de lluvia, a veces concentrados en períodos breves. Los períodos libres de heladas son menores a 210 días en el centro del país, pero llega a 325 en la costa Sur y Sudeste por la influencia de las corrientes de aire marítimas del océano Atlántico (Durán et al., 1990).

Uruguay se caracteriza por ser heterogéneo en cuanto a los tipos de suelos, debido a la diversidad de litologías en los materiales geológicos generadores (clima, geología, vegetación natural, relieve y altitud), junto con la topografía local y la variación en el drenaje natural (Durán et al., 1990). Las formaciones correspondientes a la zona donde se realizó este trabajo (figura 2), son Fray Bentos y Libertad, en la unidad Cartográfica Ecilda Paullier-Las Brujas (MGAP. RENARE, s.f.). Los árboles se encuentran implantados sobre el grupo CONEAT 10.8b (anexo 2), predominando suelos correspondientes a Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos y Brunosoles Éútricos y Subéútricos Típicos (MGAP. RENARE, s.f.).



Figura 2. Mapa Grupo de suelos CONEAT en los cuadros en estudio.  
Fuente: Google Earth Pro.

## 2.4 ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE NUEZ PECÁN

Las áreas productoras de nuez, alrededor del mundo se localizan principalmente entre los 25° y 35° de latitud Norte y entre 25° y 35° latitud Sur. En varios centros de origen de este frutal, se encuentran numerosas extensiones de formaciones nativas sujetas a aprovechamiento comercial (Ojeda et al., 2003). Las primeras plantaciones comerciales de pecán se iniciaron a partir de 1871, siendo la introducción pionera de plantaciones comerciales en México en 1904, en el estado de Nuevo León (Cervantes et al., 2018).

La producción mundial de nuez pecanera, con cáscara se estima en alrededor de las 210 mil toneladas (FIRA, 2002), encabezando la lista de países productores Estados Unidos seguido por México. Estos representan el 51% y el 41% respectivamente de la producción. Sudáfrica, Australia, Israel, Brasil, Argentina, Perú y Egipto contribuyen con el restante 8% (International Nut and Dried Fruit, 2017). En el Este de Estados Unidos, la nuez pecanera es la principal actividad comercial, cultivándose además, en todo el Sur de este país. Los cinco principales estados productores son: Georgia, Texas, Nuevo México, Arizona, con Luisiana y Oklahoma, empatando en el número cinco (USDA. NASS, 2011).

La Unión Europea es el mercado más importante caracterizado por un fuerte déficit comercial de nueces, en el cual Estados Unidos es su principal

proveedor. España encabeza en las importaciones, presentando un consumo per cápita de 500 g (Camarena y Sanjuán, 2005).

En México ha aumentado cerca del 80% la producción de nueces en los últimos 13 años, alcanzando alrededor de 110 mil toneladas. En cuanto a superficie sembrada se llegó en 2013 a las 104 mil hectáreas (SHCP, citado por Cervantes et al., 2018).

La comercialización en volumen de nuez pecanera mayoritariamente es sin cáscara (solo la almendra), la cual pesa alrededor del 50% del peso total de la nuez. Los consumidores en los países desarrollados se interesan solamente en las nueces de alta calidad. La calidad y por lo tanto los precios, es juzgada por las compañías consumidoras sobre la base del color y el tamaño de la almendra, prefiriendo las grandes y ligeramente coloreadas (sin daño por insectos ni hongos). La almendra se empaca al vacío o en nitrógeno y puede refrigerarse por largos períodos de almacenamiento (hasta 12 meses, FIRA, 2002).

A nivel nacional, se conformó la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay (APPU) en 2016, reuniendo a la mayoría de los productores. Según datos de la APPU (2018), en Uruguay existen aproximadamente 44.000 árboles representando más de 550 ha. distribuidos sobre todo en los departamentos de Canelones, Maldonado, San José, Colonia, Montevideo y Rocha. Su fin comercial es abastecer el mercado interno, con expectativas a aumentar su producción y exportar a los países vecinos (Argentina y Brasil).

Takata y Varela (2013), estudian a nivel fenológico, reproductivo y comercial a esta especie en la zona Sur del país. Mencionan que las condiciones de esta zona son aptas para obtener nueces de buena calidad, aunque en verano es habitual que ocurra déficit hídrico, afectando el llenado de la nuez, ya que el mismo ocurre durante la etapa más importante de crecimiento de fruto y se debe prestar especial atención en la misma. En cuanto al comportamiento fenológico, concuerdan que las etapas ocurren similarmente a los descriptos en su zona de origen. Advierten que se tiene una gran diversidad de tipología de frutos, usualmente no correspondiéndose al cultivar que se adquirió en el vivero y por lo tanto obteniendo una heterogeneidad en la producción. Esto último hace que a nivel comercial, el precio se vea afectado por no tener homogeneidad genética y morfológica, afectando la calidad final de la producción.

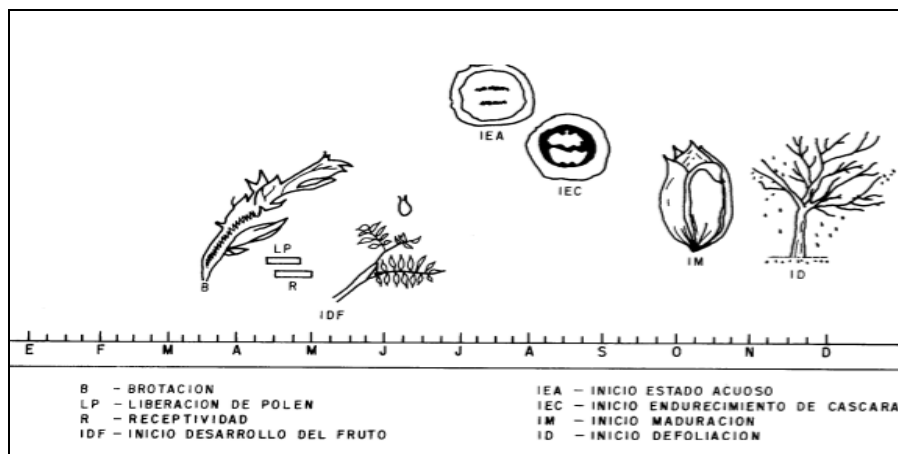
## 2.5 CICLO FENOLÓGICO REPRODUCTIVO

La fenología es una ciencia que estudia las fases del ciclo vital de los seres vivos y cómo las variaciones estacionales e interanuales del clima les afectan. Se basa en la observación periódica del entorno y de sus especies, llevando un registro de las fechas de ocurrencia de las distintas etapas de desarrollo de un cultivo, como fecha de brotación, floración y duración de las mismas (Calderón, 1985).

El conocimiento de la fenología del nogal pecanero es básico para poder determinar estrategias y manejos técnicos (Salas, 1986).

### 2.5.1 Ciclo fenológico del cultivo

El nogal pecanero presenta diferentes etapas: brotación, desarrollo de brotes, floración, desarrollo y maduración del fruto, época de cosecha y defoliación, como se ve en la figura 3 (Arreola y Lagarda, 1985). Frusso (2007), sin embargo, las reduce a tres: desarrollo vegetativo, desarrollo reproductivo y senescencia o entrada en reposo.



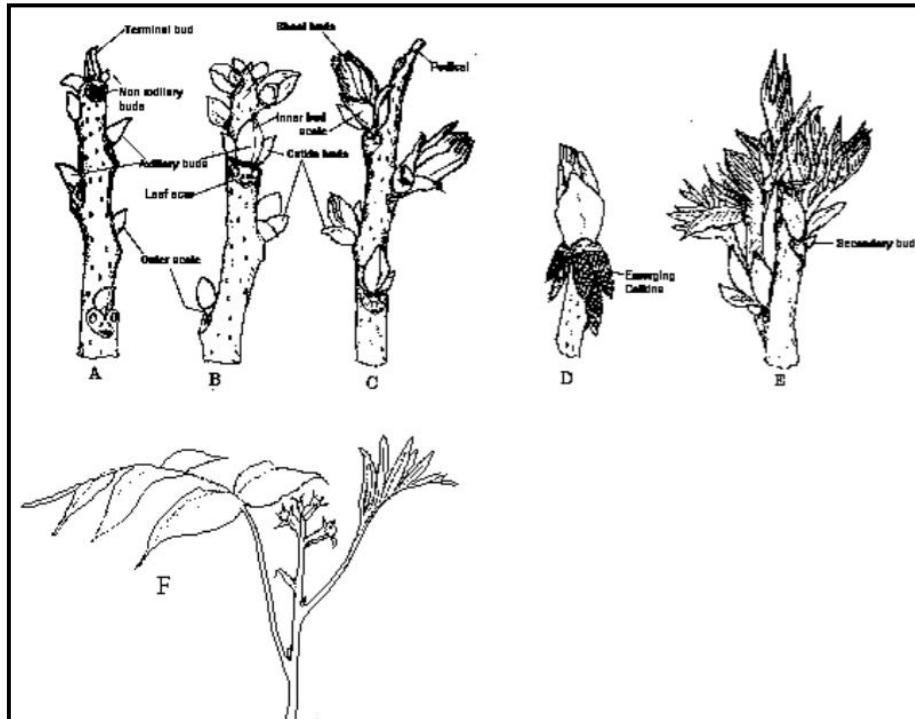
**Figura 3. Etapas fenológicas del nogal pecanero, en la Región Lagunera, México (hemisferio Norte).**

Fuente: tomado de Arreola y Lagarda (1985).

### 2.5.1.1 Desarrollo vegetativo

Aldred et al. (2012), diferencian los estados del desarrollo vegetativo mediante letras sucesivas alfabéticamente. Estas se describen a continuación (figura 4):

- (A) Yema cubierta con una única escama externa. Desde el ápice a la base, las ramas presentan yemas primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, siendo las primarias más prominentes.
- (B) Las escamas exteriores caen, mostrando las escamas interiores permitiendo la posterior emergencia de folíolos y las escamas laterales de los grupos de amentos.
- (C) Se rompe la escama interna mostrando los folíolos con los bordes unidos.
- (D) Emergencia de folíolos con los bordes separados y separación de los amentos.
- (E) Expansión y separación de las hojas.
- (F) Folíolos totalmente expandidos, presentando los bordes separados. Se pueden observar las flores femeninas en el ápice.



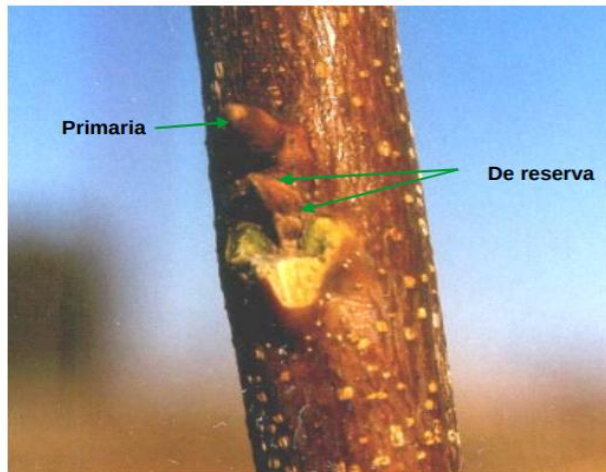
Referencias: (A) Yema dormida; (B) yema rajada partida interior; (C, D, E) Foliolos en expansión; (F) foliolos expandidos.

**Figura 4. Etapas de crecimiento vegetativo de Pecán.**

Fuente: tomado de Frusso (2007).

En los nudos de cada brote existen grupos de yemas, de dos hasta cinco, dependiendo del cultivar. La yema próxima a la terminal del brote es la yema primaria. Los brotes fructíferos o vegetativos se encuentran en las yemas terminales, sin embargo, las flores masculinas se ubican en las laterales. Las restantes yemas son de reserva y no se desarrollan a menos que la yema primaria o brote que nace de esta sea destruido, por ejemplo, por una helada, insectos u otros factores adversos (figura 5). Los brotes de yemas secundarias pueden producir flores femeninas, pero no masculinas (amentes), si ocurre una pérdida de brotes primarios (Herrera, 1996a).





**Figura 5. Yema primaria y de reserva existente en cada nudo de nogal pecanero.**

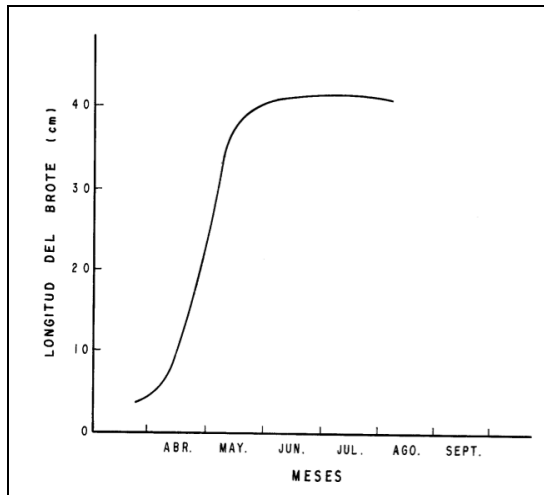
Fuente: tomado de Godoy et al. (2000).

Cuando la yema primaria brota, aparecen tres amentos en cada lado del brote, los cuales fueron diferenciados el año anterior después de que la yema lateral fue formada (Madden, 1979).

El brote que desarrolla la yema primaria continúa creciendo después que los amentos se han desarrollado en forma completa, produciendo de ocho a diez hojas compuestas (Herrera, 1996a). Este puede dar origen a flores femeninas o solo ser vegetativo.

La brotación en nogal ocurre en las ramas del año y se considera que se inicia cuando la yema se hincha y la escama externa se desprende, quedando expuesta la escama interna de color amarillo limón. El primordio foliar aparece días después, de color verde claro, al separarse la escama interna (Tarango, 2012).

El crecimiento de los brotes ocurre desde fines de marzo a los últimos días de mayo, observándose la máxima tasa de crecimiento en abril (hemisferio Norte, figura 6).



**Figura 6. Crecimiento del brote de nogal cultivar Western. Región Lagunera.**

Fuente: tomado de CELALA/INIFAP (2002).

### 2.5.1.2 Desarrollo reproductivo

Esta etapa comprende desde la aparición del amento hasta el crecimiento y maduración de la nuez (fruto, Frusso, 2007).

#### Inducción floral

La inducción floral en nogal es la programación de flores pistiladas (femeninas), para la producción de nueces (Amling y Amling, 1983). Esto ocurre en el interior de las yemas de los brotes entre noviembre y marzo en el hemisferio Sur (Martínez, 2007), y lo hacen junto con las nueces en desarrollo (Mendoza, 1969).

Según Wood (2011), la formación de flores tiene tres componentes principales: una relación de fitohormonas que provoca iniciación floral femenina en primavera, un alto nivel de carbohidratos durante el otoño y una presencia de frío invernal.

En la inducción de flores pistiladas no hay cambios evidentes que se puedan observar, sino que ocurre genéticamente en las células interiores de la yema (Martínez, 2007).

La yema terminal permanece vegetativa hasta la brotación, cuando las escamas internas de la yema empiezan a separarse (Wetzstein y Sparks, 1983). Este es el momento crucial para que la yema vegetativa inicie la

formación de una yema floral. Alto nivel de carbohidratos y vernalización adecuada en una yema con evocación floral, se puede traducir en una yema floral en la siguiente temporada.

Núñez (2001), describe las flores femeninas que aparecen en inflorescencias terminales en los brotes jóvenes del año en curso, y a diferencia de lo que ocurre generalmente en los árboles caducos, en los nogales la diferenciación de estas flores ocurre en el mismo año durante el crecimiento del brote en la primavera. Los brotes que la producen pueden provenir de yemas laterales o terminales de una rama del año anterior. Se considera que tanto yemas terminales como laterales del año anterior son capaces de formar flores pistiladas.

Unas semanas antes de la brotación, se puede observar con microscopio, los cambios morfológicos en la yema que llevan a la iniciación del desarrollo de las flores pistiladas (Raz, 1985).

### **Polinización**

Durante la polinización, un líquido viscoso cubre la superficie del estigma, el cual retiene los granos de polen durante el tiempo que las flores femeninas son receptivas. El polen tiene una vida muy corta, entre 2-3 días. La polinización puede suceder desde que los estigmas comienzan a separarse, siendo el momento óptimo cuando están totalmente desarrollados pero aun no están completamente separados (Núñez, 2001).

La fertilización o cuajado ocurrirá de 5 a 7 días después de ocurrida la polinización (Arreola y Lagarda 1994, Herrera 1996a).

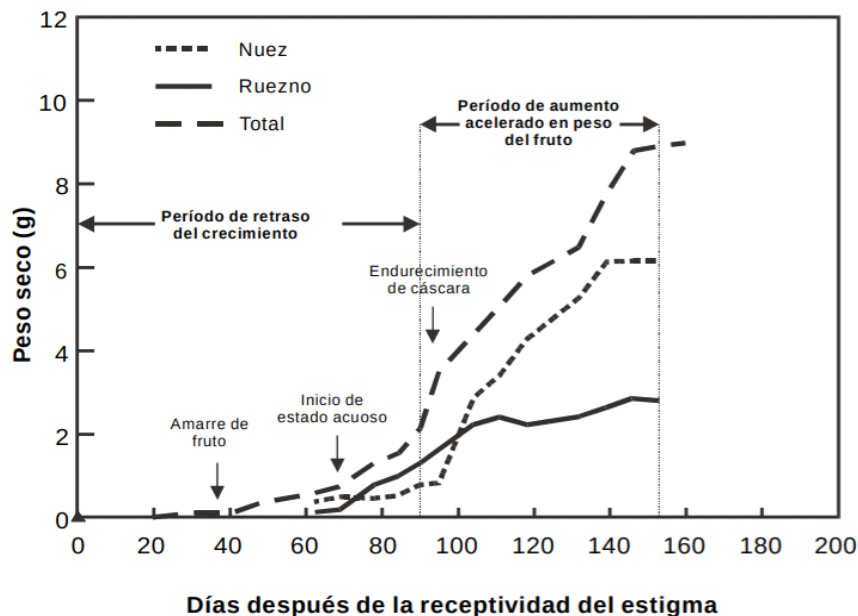
La duración de las etapas de liberación de polen y de receptividad del estigma está muy afectada por los factores climáticos, sobre todo temperatura y humedad (ver sección 2.2 requerimientos climáticos).

### **Crecimiento de fruto**

El fruto de la nuez inicia su crecimiento después que la flor femenina es fecundada. Básicamente, su desarrollo implica dos etapas (figura 7):

a) Crecimiento rápido del fruto: es el período que corresponde al crecimiento de la nuez. Comprende del amarre o cuajado del fruto al inicio de endurecimiento de cáscara

b) Llenado de la almendra: abarca desde el endurecimiento de la cáscara, al comienzo de la maduración del fruto o apertura del ruezno. Durante el crecimiento del fruto, se inicia el período de alta demanda de agua y nutrientes y cualquier deficiencia de estos insumos afecta el tamaño final de la nuez (Storey y Wostenholme, 1997).



**Figura 7. Crecimiento del fruto de nuez en función del peso seco y días después de receptividad del estigma.**

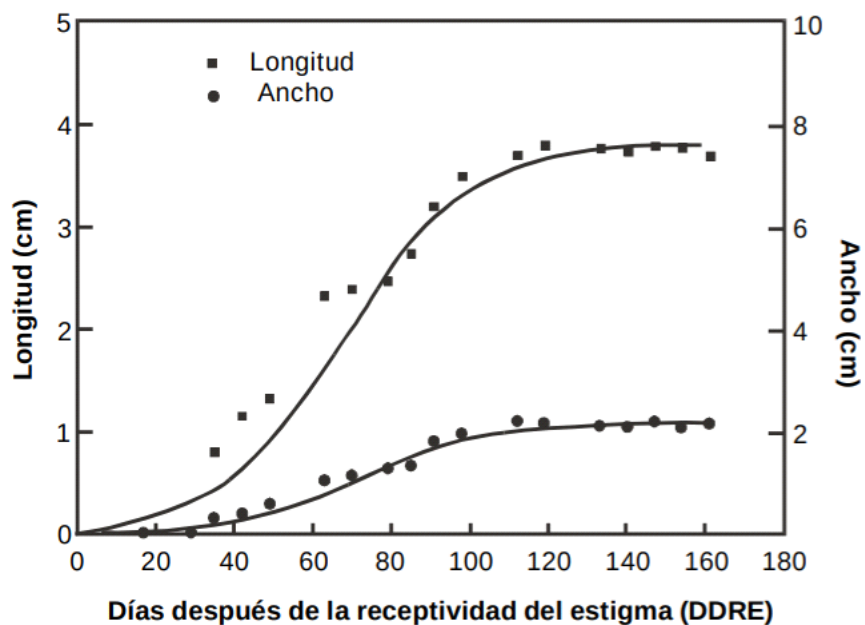
Fuente: tomado de Godoy et al. (2000).

Después del crecimiento de la nuez, inicia la etapa de llenado de la misma con el crecimiento del embrión o almendra, por lo que cualquier factor que reduzca la elaboración de carbohidratos en el árbol, reducirá el llenado de la nuez y se reflejará en un bajo porcentaje de almendra.

La primera observación de líquido dentro de la nuez (inicio de estado acuoso), ocurre alrededor de los 66 días después de la receptividad del estigma (DDRE). Si en esta etapa se realiza un corte transversal del fruto, se puede observar que se empieza a notar muy levemente el desarrollo de una fisura entre medio del tejido de empaque. Independientemente de la acumulación de peso seco total del fruto hasta el inicio del estado acuoso, la longitud y el ancho del tamaño final del fruto ya está definido y representa el 53% y 50% respectivamente (figura 8). Este patrón de alargamiento temprano del fruto, indica que el tamaño final puede ser fuertemente afectado por las condiciones de crecimiento que se presentan temprano en el ciclo. Cuando se inicia el

estado acuoso, se inicia también el fuerte incremento en la acumulación de peso seco del ruzno, 68 DDRE (Herrera 1990, Godoy 1996).












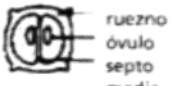
El máximo contenido de líquido, que coincide con el inicio de endurecimiento de la cáscara del fruto, se alcanza a los 93 DDRE; en ese estado, el fruto alcanza el 84% de la longitud y el 81% del ancho final (figura 8). Ocho días después de iniciado el endurecimiento, comienza el llenado del fruto (100 DDRE), alcanzando el 90% de su peso seco final; 45 días después se completa el llenado del fruto. Desde el inicio del llenado hasta su finalización, el incremento en el peso seco del ruzno es poco (Godoy et al., 2000).



**Figura 8. Crecimiento del fruto en función del largo y ancho (cm).**






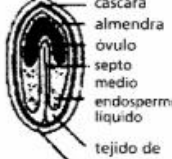



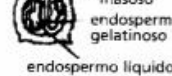


Fuente: tomado de Godoy et al. (2000).

Núñez (2001), describe de forma detallada el crecimiento del fruto, incluyendo 8 estados que se presentan en las figuras 9 y 10.

Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4
Postpolinización	Crecimiento inicial	Crecimiento rápido	Crecimiento tardío
  	  	  	  
semanas después de polinización 1	6	9	12
inicio de mayo	inicio de junio	med. junio	finales julio
Estigmas se tornan café. Amentos caen. Ocurre primera caída de frutos.	Frutos crecen lentamente. Ocurre la fertilización del óvulo. Segunda caída de frutos.	Frutos crecen rápidamente, la almendra no se desarrolla aún. Inicia estado acuoso. Tercera caída de frutos.	Etapa intermedia del estado acuoso. La cáscara empieza a endurecerse empezando por la punta.

**Figura 9. Desarrollo del fruto de nogal pecanero, parte 1 (hemisferio Norte).**

Fuente: tomado de Núñez (2001).

Estado 5	Estado 6	Estado 7	Estado 8
Llenado inicial	Llenado	Llenado final	Apertura ruezno
			
			
			
13	15	19	24
inicio de agosto	med. agosto	med. septiembre	med. finales octubre
Estado acuoso. Endurecimiento de la mitad de la cáscara	Final del estado acuoso. Inicio del estado del gel y masoso. La cáscara está totalmente dura.	Final del estado masoso. La almendra casi su desarrollo.	Completo desarrollo de la almendra. Las nueces pueden ser cosechadas.

**Figura 10. Desarrollo del fruto del nogal pecanero, parte 2 (hemisferio Norte).**

Fuente: tomado de Núñez (2001).

La almendra constituye del 30 al 60% del peso de la nuez madura y contiene aproximadamente 70% de aceite que se produce en un período de seis semanas aproximadamente (Sparks y Health, 1972). Una producción excesiva de nueces trae como resultado una disminución en los carbohidratos almacenados en el árbol, particularmente si la relación área foliar por nuez es baja (Sparks y Heath 1972, Brison 1974). Lo anterior provoca una reducción en la formación de flores para el siguiente ciclo, o en la capacidad de amarre del fruto, lo cual se refleja como alternancia en la producción.

### Caída de fruto

Se observan claramente tres ondas de caída de frutos en el nogal pecán. Estas ondas son de importancia y corresponden a los períodos de

fecundación, estado acuoso del fruto y endurecimiento de la cáscara, presentando los mayores porcentajes de caída en la fecundación y el estado acuoso (Arreola y Lagarda, 1984). Sin embargo, la etapa más conocida porque ocurre cuando la nuez puede ser vista fácilmente, corresponde al endurecimiento de la cáscara, a principios de agosto (hemisferio Norte).

Las causas pueden ser por mala polinización de flores (primera caída de flores); la segunda caída de frutos que ocurre en el período de estado acuoso por falta de agua, daños en el sistema radical, insuficiente producción de carbohidratos, falta de nutrientes sobre todo nitrógeno, y daños por insectos en hojas y frutos (Lagarda, 1977).

### **Madurez del fruto**

Una vez que el desarrollo de la almendra se ha completado, en un período aproximado de seis semanas (agosto y setiembre en el hemisferio Norte), en la mayoría de los cultivares, la planta inicia la apertura del ruezno, lo cual indica que empieza la maduración del fruto (Núñez, 2001).

Para determinar en forma práctica cuándo ocurre el inicio de la maduración de la nuez, se deberán observar las costillas del ruezno las cuales se tornan de color negro. Al presionar con los dedos la punta del ruezno, éste se separa en sus partes y se desprende la nuez indicando que el fruto ha madurado. La cosecha puede iniciarse 15 a 20 días más tarde, que es cuando ocurre la apertura natural del ruezno (Núñez 2001, Arreola et al. 2002, Arreola 2015).

#### **2.5.1.3 Etapa de senescencia**

Frusso (2007), dividió esta etapa en amarillamiento y caída del follaje. La primera ocurre en mayo y junio, mientras que la caída se da a fines de julio (hemisferio Sur). Es importante que esta etapa sea lo más concentrada posible en el tiempo, ya que al caer la hoja se genera una herida, quedando susceptible para la entrada de patógenos.

## **2.6 COSECHA**

La época de maduración de la nuez indica el inicio de la cosecha de la misma. Cuando el ruezno se abre y se desprenden las nueces de los nogales, es cuando hay que recogerlas y clasificarlas para posteriormente secarlas y empacarlas.



La recolección debe iniciarse, preferentemente antes de que las nueces caigan del árbol en forma natural, considerando, además, una mejor oportunidad de comercialización. La cosecha temprana promueve la conservación de la calidad de la nuez, conservando el color claro de la almendra y evita que las nueces permanezcan en contacto con el suelo por períodos prolongados (Lagarda, 1977).

Según Madero et al. (2017), cuando el 70 a 80% de los racimos tengan los rueznos abiertos, se puede iniciar el proceso de cosecha. Es probable que en este momento ya hayan caído naturalmente las primeras nueces.

Los costos de la recolección son menores, si esta actividad se retarda hasta que todos los rueznos se encuentren abiertos, haciendo una sola pasada para cosechar. Sin embargo, por necesidades prácticas como conseguir mejores mercados, evitar robos y conservar el color de la almendra, la cosecha se realiza en dos pasos (Lagarda, 1977).

## **2.7 ALTERNANCIA EN LA PRODUCCIÓN DEL NOGAL PECÁN**

La alternancia, se define como las fluctuaciones cíclicas del rendimiento a lo largo de la vida productiva de los árboles, es decir años de alta producción, seguidos de años de baja producción. Este efecto se puede dar a nivel de rama, árbol, huerto o región, llegando a provocar diferentes afectaciones a productores, procesadores y consumidores, ya que disminuye la cantidad de producto, calidad y fluctuación en los costos. Este fenómeno se observa en especies frutales, tanto de climas templados como tropicales, especialmente aquellos de ciclo largo para el desarrollo del fruto, por ejemplo, el nogal pecanero, nuez de castilla, pistacho, olivo, manzano, aguacate, mango, entre otros (Lagarda 2007, Martínez et al. 2010, Wood 2011).

A las altas y bajas en la producción de nuez, se le conoce también como años “on” y “off” respectivamente. Los años “on” se caracterizan principalmente por tener un porcentaje de brotes con frutos superior al 60%, con racimos de cinco frutos como mínimo, buen amarre y alto rendimiento; mientras que los años “off” son aquellos en donde el porcentaje de brotes con frutos es alrededor del 45%, el número de frutos por racimo es menor a cinco, bajo porcentaje de amarre y bajo rendimiento (Lagarda, 2007).

Existen diversas explicaciones para la alternancia, centrándose en varios factores como posibles causantes de estas fluctuaciones anuales: principalmente la concentración de carbohidratos, dado por la alta demanda por parte de los frutos en un corto período de tiempo (aproximadamente 40 días), para la formación de aceites. También hay influencia directa entre la

concentración de carbohidratos en raíces de un cm. de diámetro y la producción de nuez al ciclo siguiente (Lagarda, 2007). Martínez (2012), en su trabajo concluyó que las raíces de 1 cm. de diámetro, durante la dormancia, con concentraciones de reservas de carbohidratos menores a 10%, estuvieron relacionadas con una menor carga de frutos en la estación siguiente. En contraste, concentraciones mayores al 10% mostraron tanto alta, como baja carga de frutos, indicando que además de las reservas de carbohidratos en las raíces, hay otros factores limitantes que determinan la carga de fruta en nogal pecanero, como la concentración hormonal, clima, riego, fertilización, entre otros (Wood, 2011).

## **2.8 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO**

La formación de una nuez comienza con la inducción de flores femeninas o pistiladas, ocurriendo con más de un año de anterioridad a su cosecha y en el mismo momento en que las nueces del año están creciendo. Esto es importante, ya que los manejos que se realicen en un ciclo de crecimiento repercutirán en la formación de las nueces del siguiente año (Martínez, 2007).

Para la inducción floral hay que tener en cuenta no solo factores hormonales y nutricionales (Sparks y Brack 1972, Smith et al. 1986, Smith y Gallot 1990, Reid et al. 1993), sino también climáticos, como la vernalización (Amling y Amling 1983, Martínez 2007).

En la brotación se pueden distinguir las flores pistiladas, conociendo el potencial productivo del ciclo, debiendo ser fertilizadas para luego de la fecundación seguir con su desarrollo y crecimiento de las nueces (Raz, 1985). En todo cultivo pecanero, es recomendable la polinización cruzada con otro cultivar, aumentando así el cuajado de los frutos. Dependiendo del tamaño del área y de la región en que se va a plantar, se sugiere colocar al menos tres cultivares para asegurarse una correcta polinización, que permita escalonar la liberación del polen, encontrando flores femeninas receptoras (Arreola et al. 2002, Madero et al. 2016). Si esto no se realiza, ocurre la autopolinización y la consecuencia es la obtención de nueces pequeñas y de menor calidad (Sparks y Heath, 1972). No hay reportes de autoincompatibilidad en la especie.

Durante el llenado de la nuez, el riego, el control de plagas y enfermedades son manejos prioritarios (Arreola et al., 2002, 2015). Teniendo en cuenta todos estos factores, el rendimiento potencial en monte adulto (20 años) es de tres toneladas por hectárea (Arreola et al., 2002), aunque generalmente la producción entorna las 1,1 toneladas por hectárea (Aldred et al., 2012).

Para calidad de nuez, principalmente existen tres parámetros que se tienen en cuenta: el porcentaje de llenado de almendra, el tamaño de la nuez y color de la almendra. Se consideran nueces de buena calidad, las que superen el 50% de llenado de almendra, tengan un tamaño medio en nueces por kilogramos y sean de color dorado intenso (INIFAP, 2002).

## 2.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVARES

A continuación, se describen los cultivares que se tuvieron en cuenta para el estudio del presente trabajo.

### 2.9.1 Cape Fear



**Figura 11. Cultivar Cape Fear.**

Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

Cultivar muy precoz y prolífero, con tendencia a la alternancia por alta carga. Protándrico, con receptividad del pistilo y estigma medianamente tardío en la estación, provocando una maduración y cosecha tardía de la temporada. Buena resistencia a sarna, dependiendo el clima en donde sea plantada. Nuez: de tamaño intermedio, forma elíptica con ápice y base obtusa, cáscara oscura con manchas en rayas y redondeada en la sección transversal, con atractivo color dorado de almendra. 119 nueces/kg, 54% almendra.

### 2.9.2 Desirable



**Figura 12. Cultivar Desirable.**

Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

De porte alto, productivo y protándrico. Resistente a enfermedades como la sarna. Requiere de 8 a 9 años para entrar en producción (Núñez, 2001). Producción controlada y de buena calidad por ser autoraleante, reduciendo la cantidad de frutos secos por racimo. Nuez: elíptica con ápice obtuso y base obtusa a redondeada, cáscara rugosa (USDA. ARS, s.f.). 104 nueces/kg, 52% almendra.

### 2.9.3 Elliott



**Figura 13. Cultivar Elliott.**

Fuente: tomado de Wells y Conner (2015).

Muy precoz. Protogínico, con receptividad de estigma temprana en la temporada con alta tendencia a la alternancia. Gran resistencia a sarna. Nuez: ovada, con ápice agudo y base redondeada (USDA. ARS, s.f.). 149 nueces/ kg, 53% almendra.

## 2.9.4 Gloria Grande



**Figura 14. Cultivar Gloria Grande.**  
Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

No es muy precoz, con buena resistencia a sarna. Protogínico, con receptividad de estigma desde principio a fines de temporada. Nuez: elíptica con ápice obtuso, a menudo asimétrico y base obtusa a redondeada, cáscara gruesa, lisa y con rayas oscuras (USDA. ARS, s.f.). 97 nueces/hg, 48 % de almendra.

## 2.9.5 Shoshoni



**Figura 15. Cultivar Shoshoni.**  
Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

Planta vigorosa, precoz, de excelente follaje, susceptible a sarna. Es protogínico, con receptividad de estigma temprana en la temporada. Altamente productivo con tendencia fuerte a la alternancia (USDA. ARS, s.f.). Nuez pequeña y cáscara dura. Las mitades salen fácilmente. Maduración temprana (Núñez, 2001). 110 nueces/kg, 54% de almendra.

### 2.9.6 Starking



**Figura 16. Cultivar Starking.**

Fuente: tomado de Madero y Frusso (2009).

Árbol vigoroso, resistente, de productividad media. Protándrico de maduración muy temprana, la primera semana de setiembre. Nuez: elíptica oblonga con ápice y base obtuso; redonda en la sección transversal (USDA. ARS, s.f.). 172 nueces/kg, 50% de almendra.

### 2.9.7 Stuart



**Figura 17. Cultivar Stuart.**

Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

Cultivar muy productivo, resistente a sarna. Protogínico, con receptividad del estigma a mediados de la temporada. Nuez: elíptica oblonga con ápice obtuso y base redondeada; redonda en la sección transversal; de tamaño medio con cáscara de dureza media y rayas oscuras (USDA. ARS, s.f.). 115 nueces/kg, 47% de almendra.

### 2.9.8 Success



**Figura 18. Cultivar Success.**

Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

De buena productividad, precoz, sin observación de daño por sarna. Protándrico, con receptividad de estigma tardía en la temporada. Buen llenado de nuez, de forma elíptica ovalada con ápice asimétrico obtuso y base obtusa a redondeada, de cáscara muy dura (USDA. ARS, s.f.).112 nueces/kg, 54% de almendra.

### 2.9.9 Sumner



**Figura 19. Cultivar Sumner.**

Fuente: tomado de USDA. ARS (s.f.).

Precoz y prolífico de producción continúa. Protogínico, con receptividad de estigma temprano a mediados de la temporada y maduración tardía. Resistencia a sarna leve. Producción de nueces grandes, de calidad moderada. Nuez: elíptica oblonga, con ápice y base obtusa; redonda a aplanada en la sección transversal (USDA. ARS, s.f.).106 nueces/kg, 54% de almendra.

**Cuadro 3. Resumen de las características de los cultivares y resistencia a sarna.**

<b>Cultivar</b>	<b>Dicogamia</b>	<b>Nueces/kg</b>	<b>% Almendra</b>	<b>Resistencia a sarna</b>
<b>Cape Fear</b>	♂	119	54	Intermedia
<b>Desirable</b>	♂	104	52	Baja
<b>Elliott</b>	♀	149	53	Buena
<b>Gloria Grande</b>	♀	97	48	Buena
<b>Shoshoni</b>	♀	110	54	Intermedia
<b>Starking</b>	♂	172	50	Buena
<b>Stuart</b>	♀	115	47	Intermedia
<b>Success</b>	♂	112	52	Buena
<b>Sumner</b>	♀	106	54	Buena

Referencias: ♀ protogínica, ♂ protándrica

Fuente: elaborado en base a Wells y Conner (2015).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

Este trabajo fue realizado durante la zafra 2016-2017, en la Estación Experimental de INIA Las Brujas, localizada como su nombre lo indica en el paraje Las Brujas, departamento de Canelones, Uruguay. Las coordenadas del monte en estudio son latitud Sur  $34^{\circ}40'11.84''$  y longitud Oeste  $56^{\circ}20'11.33''$  con una elevación de 23 m sobre el nivel del mar. Está ubicado sobre la unidad cartográfica Ecilda Paullier-Las Brujas.

En la caracterización de suelo y mapa de uso de suelo CONEAT se utilizó el programa Google Earth Pro<sup>®</sup>.



Referencias: en rojo cuadro 1, en amarillo cuadro 2.

**Figura 20. Localización del Monte en estudio.**

Las plantaciones estaban divididas en dos cuadros. El cuadro 1 fue instalado en octubre del 2010, contando con una superficie de 1,2 ha, donde se encuentran los cultivares Cape Fear, Gloria Grande, Shoshoni, Success, Sumner, Stuart. El cuadro 2 se instaló en setiembre de 2011, con una superficie de 0,4 ha, teniendo los cultivares Elliott, Desirable y Starking. El marco de plantación es de 10 x 10 metros en ambos cuadros.

Al momento de la implantación, los cuadros fueron laboreados dos veces con incorporación de abonos verdes. En el cuadro uno, luego de laboreado, se fertilizó con 200 kg/ha de superfosfato triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), y al momento de plantar se le complementó con 8 L de vermicompost debajo de cada planta. El cuadro dos recibió 200 kg/ha de fosfato de amonio (18% N y 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), más 20 ton/ha de vermicompost, mientras que al momento de plantar se le agregó 8 L de vermicompost mas 40 gr de triple 15 (15% N, 15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15% K<sub>2</sub>O), debajo de cada planta.

La fertilización nitrogenada se realizó con urea, con una dosis 250 g/planta, aplicada el 16 de noviembre de 2016. También se fertilizó con Wuxal Zinc a base de quelatos de zinc, en dos ocasiones, el 22 de noviembre y el 15 de diciembre de 2016, a la misma concentración (15 cm<sup>3</sup> cada 100 L de agua), con un gasto de agua de 500 L/ha para la primera aplicación y 600 L/ha para la segunda.

Cuenta con sistema de riego por goteo, con 6 goteros de 4 l/h<sup>-1</sup>, por árbol. La capacidad de suministro del sistema es de hasta tres veces por semana, con 8 horas de aplicación en cada oportunidad. Bajo condiciones de baja pluviometría, este volumen aplicable no logró cubrir la demanda, por lo que hubo periodos de insuficiente suministro de agua.

### **3.2 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA TEMPORADA**

Se utilizaron datos extraídos del portal INIA. GRAS, de la estación agrometeorológica de INIA Las Brujas, instalada a menos de 600m del sitio experimental, para analizar los factores climáticos durante la investigación. Se tomaron datos de temperatura máxima, promedio y mínima, precipitaciones, horas de frío, humedad, velocidad del viento y evapotranspiración.

### 3.3 METODOLOGÍA



**Figura 21. Cuadros con sus respectivos cultivares.**

Para el estudio fenológico se seleccionaron nueve cultivares, descritos en la sección 2.8, de los cuales dos (Starking y Stuart), son de reciente introducción en el país, presentan buena aptitud productiva e interés por parte del sector.

De cada cultivar se tomaron dos árboles (A y B, cada árbol se tomó como una unidad experimental). Por cada uno cuatro ramas, dos sobre la fila y dos en la entrefila (2, 4 y 1, 3, respectivamente). Se utilizaron en total 18 árboles y 72 ramas.

Para el estudio del crecimiento de fruto, se seleccionó el cultivar Success, por ser la predominante y por lo tanto contar con una mayor cantidad de fruta. Se marcaron cinco árboles, midiendo quincenalmente al azar en cada uno, 10 frutos desde el cuajado de fruto hasta apertura de ruezno.

#### **3.3.1 Relevamientos realizados**

##### **3.3.1.1 Fenología**

El seguimiento fue desde el 23 de agosto de 2016 hasta el 7 de julio de 2017, con mediciones semanales.

Se contabilizaron por cada rama seleccionada el número de yemas, número de yemas brotadas, número de frutos, porcentaje de cuajado final y kilogramos de nueces por árbol en cosecha. Se determinó el momento de brotación, período de liberación de polen, período de receptividad de estigma, fecha de finalización de caída de fruto, apertura de ruzno y maduración del fruto.

El relevamiento fenológico se realizó utilizando la escala de Grauke, modificada por INIA. Programa Nacional Producción Frutícola (2016, ver anexo 3).

### **3.3.1.2 Crecimiento de fruto**

Se evaluó el crecimiento del fruto del cultivar Success, desde el 16 de diciembre de 2016 hasta el 7 de abril de 2017, con mediciones quincenales de los 10 frutos por árbol en el campo. Se utilizó calibre para mediciones del diámetro y largo del fruto.

Adicionalmente se extrajeron 5 frutos (1 por árbol seleccionado) en cada muestreo, para análisis destructivo en el laboratorio de INIA Las Brujas. Se pesaron con balanza marca Precisa, modelo XB 3200 D, escala en centigramos; se midió largo y diámetro ecuatorial con calibre y por último se cortaron, con cuchilla para ver los estados del fruto.

La cosecha se realizó en forma manual, con la ayuda de cañas tacuara (*Guadua* spp.), adaptadas con un gancho de metal para “vibrar” las ramas, colocándose debajo del árbol dos lonas de mallasombra superpuestas. Se evaluó rendimiento en gramos por árbol y se extrajo una muestra aleatoria de 15 frutos para medir largo, diámetro ecuatorial y peso, utilizando los instrumentos anteriormente mencionados.

En cada medición se tomó registro fotográfico con cámara Nokia Lumia 820.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En este capítulo se analizan las variables meteorológicas ocurridas (acumulación de frío, precipitaciones, humedad relativa y velocidad del viento), durante el periodo en estudio, los cuales afectan, en cierta medida, las fases fenológicas. Estas se describen y analizan teniendo en cuenta el efecto año y se comparan con ciclos anteriores. Se analiza la etapa de crecimiento de fruto en el cultivar Success, para comparar con bibliografía nacional e internacional.

### **4.1 CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA EN EL PERÍODO DE ESTUDIO**

#### **4.1.1 Acumulación de frío invernal**

En la producción de frutales de hoja caduca es necesario cuantificar el frío invernal, para predecir cómo será la brotación de los árboles y por lo tanto su rendimiento. En 1950, Weinberger propone el concepto de “hora frío” el cual se basa en cuantificar las horas por debajo de 7,2 °C. Más tarde es publicado el modelo “Utah” que incorpora el concepto de Unidad de Frío (Richardson et al., 1974), el cual propone diferentes unidades según rangos de temperaturas. Estos son los dos más usados en Uruguay, aunque Severino et al. (2011), en su estudio para manzanos Red Delicious y Granny Smith en donde comparan, además, de estos dos modelos, otros cuatro para la zona Sur del país, concluyen que todos los modelos de cuantificación de frío evaluados mostraron diferentes grados de ajuste en función de los criterios utilizados de comparación y no surge un modelo que resulte el más adecuado para las condiciones de Uruguay.

Para este trabajo, se consideraron los datos desde el primero de junio hasta el 31 de agosto de 2016, de la estación meteorológica de INIA Las Brujas (gráficas en anexo 4). En este periodo se cuantificaron 478 horas de frío, mientras que en unidades de frío se obtuvieron 1096 unidades (cuadro 4). Por lo mencionado anteriormente los modelos no ajustan bien, pero son los utilizados para este cultivo a nivel nacional e internacional.

Como se mencionó en el capítulo 2, sección 2, el pecán, dependiendo de las variedades requiere de 400 a 800 horas de frío, pudiendo obtener mayores rendimientos con más de 500 horas (Brison 1976, Madden 1979, Medina 1980, Herrera y Clevenger 1996, Lemús 2004).

Según lo anterior, se concluye que el requerimiento mínimo para las plantaciones ubicadas en la Estación Experimental de INIA Las Brujas se llegó a cumplir, si bien no superó las 500 HF, lo que pudo afectar su rendimiento final.

**Cuadro 4. Horas de frío y unidades de frío (junio - agosto) en los diferentes años.**

<b>Año</b>	<b>HF</b>	<b>UF</b>
2014	428	754
2015	365	412
2016	478	1097

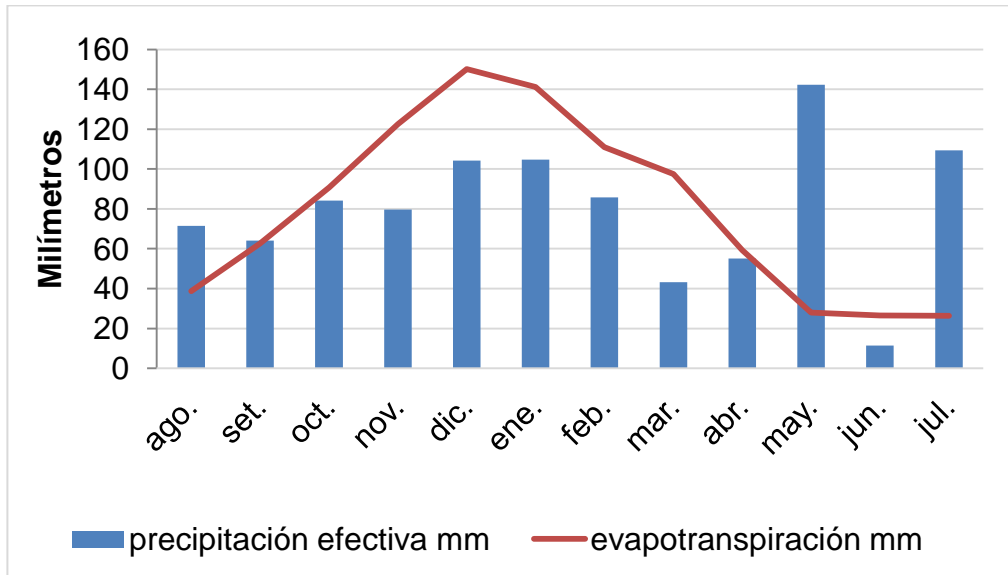
Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

#### **4.1.2 Precipitaciones**

La producción de nuez es excelente cuando predominan condiciones óptimas de humedad aprovechable en el suelo, durante algunas etapas fenológicas importantes como la elongación del fruto desde fin de noviembre y diciembre, la expansión del fruto de enero a febrero, y el desarrollo de la almendra, desde mediados de febrero a marzo (Godoy et al., 2000).

Godoy y López (1997), estudiaron la demanda de agua por el cultivo y concluyen que desde antes del inicio de la brotación, el requerimiento de agua es muy bajo. Después de 30 días a partir del inicio de la brotación, los requerimientos se comienzan a incrementar, pero no de manera significativa. Los mayores requerimientos de agua son desde el inicio al fin del estado acuoso, presentando los valores máximos durante el llenado de la almendra. Esto significa que en los meses de diciembre, enero y febrero se presenta la mayor demanda hídrica por parte del cultivo. Esto coincide con la formación y traslocación de los azúcares de las hojas hacia los frutos y órganos de almacenamiento (Sparks, 1979). Además, en este período se presenta la máxima demanda atmosférica provocada por las altas temperaturas y radiación solar.

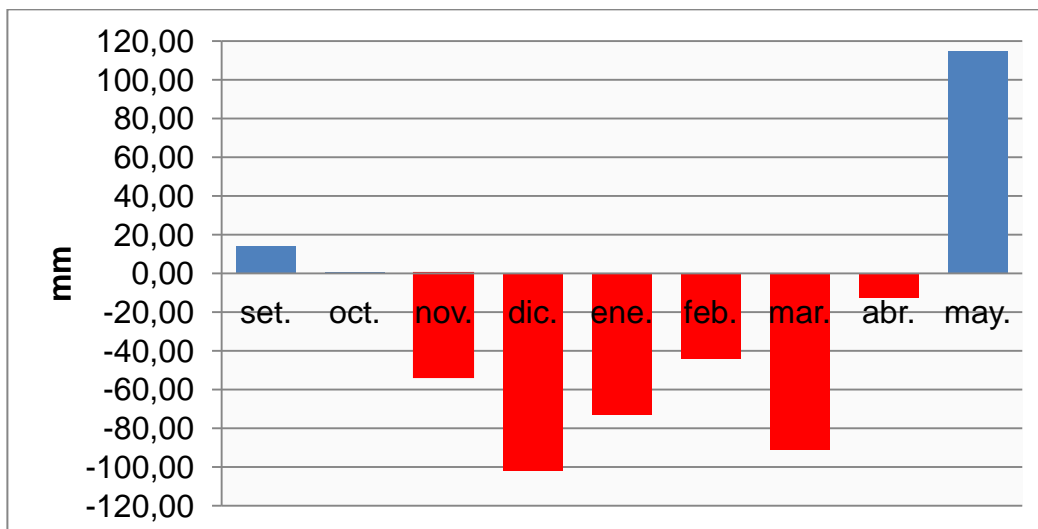
En el año de estudio (desde agosto 2016 a julio 2017) la precipitación fue de 1.195 mm con una media mensual de 99,6 mm. Sin embargo, la distribución no fue acorde a los requerimientos.



**Figura 22. Precipitación mensual y evapotranspiración en el período de estudio.**

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

Analizando las precipitaciones y la evapotranspiración (figura 22), se observa que existió un importante déficit (figura 23), entre los meses de noviembre y marzo. Este período coincide con el llenado de fruto, por lo tanto mayor demanda por parte del cultivo. Concuerdia con lo citado anteriormente de Godoy y López (1997).



**Figura 23. Balance hídrico en el período de estudio.**

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

De setiembre a mayo ocurrió un déficit hídrico para el cultivo de 247 mm (anexo 5). A partir de diciembre se comenzó a regar. Realizando nuevamente el balance con la aplicación del riego, se constata que lo dosificado no alcanzó para cubrir los requerimientos. En los meses de diciembre y enero no se llegó a cubrir la mitad de lo demandado por parte del cultivo. Con la aplicación de riego, el déficit de acuerdo al nuevo cálculo, disminuyó de 247 mm a 161 mm. Esto quiere decir que, si bien se aplicó agua al cultivo, dicho aporte no fue suficiente como para cubrir las necesidades. Resalta la importancia de realizar los cálculos pertinentes al momento de riego para identificar exactamente los volúmenes necesarios y poder así lograr que la aplicación de agua sea la necesaria.

El estrés de agua en cualquier año afecta adversamente el tamaño de la nuez y el potencial de producción para una buena cosecha en los siguientes años (Godoy et al., 2000). El nogal requiere desde la brotación a inicios del estado acuoso el 50% del agua evaporada en el tanque evaporímetro. Desde el estado acuoso a inicio de endurecimiento de la cáscara usan el 70% del agua evaporada, teniendo la mayor demanda del agua en todo el estado de llenado de la almendra, usando el 80 a 90% del agua evaporada (Godoy, 1996). En el cuadro 5 se calculó los requerimientos hídricos por árbol, para cada periodo, desde brotación a fin de llenado de la nuez, propuestos por Godoy (1996). El balance muestra que en el periodo de mayor demanda del cultivo es donde se tiene la mayor deficiencia hídrica.

**Cuadro 5. Balance hídrico por fases del cultivo en mm.**

Período	Ev. total mm	Ev. Tanq. A	Demanda	Oferta	Balance
Brotación - inicio EA*	610	50%	305	327,02	22,02
Inicio EA - inicio EC**	266	70%	186	155,55	- 30,45
Periodo llenado fruto	304	85%	258	150,54	- 107,46

Referencias: \*EA: estado acuoso. \*\*EC: endurecimiento de la cáscara.

Fuente: elaborado con base en Godoy (1996).

#### **4.1.3 Humedad relativa**

Esta variable es importante principalmente en el período de liberación de polen, lo que corresponde desde mediados de octubre a fin de noviembre.



**Cuadro 6. Humedad relativa (mínimo, máximo y media en %) desde setiembre 2016 a febrero 2017.**

Mes	%HR mín.	%HR media	%HR máx.
setiembre	52	75	90
octubre	52	74	89
noviembre	40	65	85
diciembre	36	63	86
enero	40	75	91
febrero	48	69	89

Fuente: elaborado con base en INIA. GRAS (s.f.).

Cuando la humedad relativa (HR) durante el período de polinización es superior al 80%, se limita la polinización efectiva debido a que las anteras no abren para liberar el polen. Además, la alta HR promueve el desarrollo de enfermedades fungosas que atacan al follaje (Brisson, 1976).

En los principales meses de liberación de polen (octubre y noviembre) se tienen HR máximas del 89 y 85%. Desde el 20 de octubre hasta el 20 de noviembre (período en que se produjo la liberación del polen y la receptividad de los estigmas en todos los cultivares en estudio) ocurrieron seis días con una humedad media por encima del 80 %, tres de los cuales fueron sucesivos. Este evento pudo afectar en gran medida la correcta liberación del polen y la receptividad de los estigmas, haciendo que el polen no se transporte adecuadamente además de bajar su fertilidad. Lo mismo sucede con la receptividad del estigma, la alta humedad provoca que se reduzca el tiempo de receptividad (Arreola et al., 2002).

#### **4.1.4 Velocidad del viento**

El efecto de los vientos en el cultivo de los nogales está determinado por tres factores: velocidad, temperatura y humedad. La velocidad del viento cuando es excesiva, causa daños mecánicos al follaje, flores, fruto, debido a que provoca lesiones en cáscara, pérdida de aceites esenciales, y necrosis en la corteza lo cual disminuye la calidad del producto (Pérez, 2013).

La polinización es anemófila, ya que el polen se traslada por el viento desde las anteras hasta el estigma de las flores femeninas. En época de liberación de polen con una pequeña brisa alcanza para trasladarlo. Si bien, el viento es necesario para el traslado del polen, en exceso y con altas temperaturas puede acortar la receptividad del estigma (Wells y Conner, 2015).

Es importante conocer los vientos predominantes, debido a que una fuerte exposición a estos puede causar pérdidas al cultivo; este factor también es importante para realizar una adecuada distribución de cultivares en el huerto de pecán para tener una buena polinización (Trabichet, 2016).

**Cuadro 7. Promedios y máximos mensuales de velocidad del viento.**

Mes/16	Máximo m/s*	Promedio m/s*
setiembre	7,2	1,7
octubre	5,7	1,5
noviembre	2,1	0,9
diciembre	3,3	0,8

\*metros por segundos recorridos por el viento en la horizontal, a dos metros de altura, de 09hs a 09hs.

Fuente: elaborado en base a INIA. GRAS (s.f.).

Según FAO (2006), se considera vientos suaves menores a 1 m/s, suaves a moderados de 1 a 3 m/s, moderados a fuertes de 3 a 5 m/s y fuertes mayores a 5 m/s. En el mes de setiembre y octubre se registraron los valores máximos en velocidad de viento, superando los 5 m/s constatando ráfagas fuertes. Esto pudo afectar el período de liberación de polen y receptividad de estigma. Mirando los valores diarios de las semanas en donde se registró estas etapas fenológicas, se obtuvieron velocidades de 5,2 y 5,7 m/s los días 26 y 27 de octubre respectivamente (datos diarios en anexo 6), acortando el período de receptividad de estigmas para la mayoría de los cultivares en estudio (figura 24).

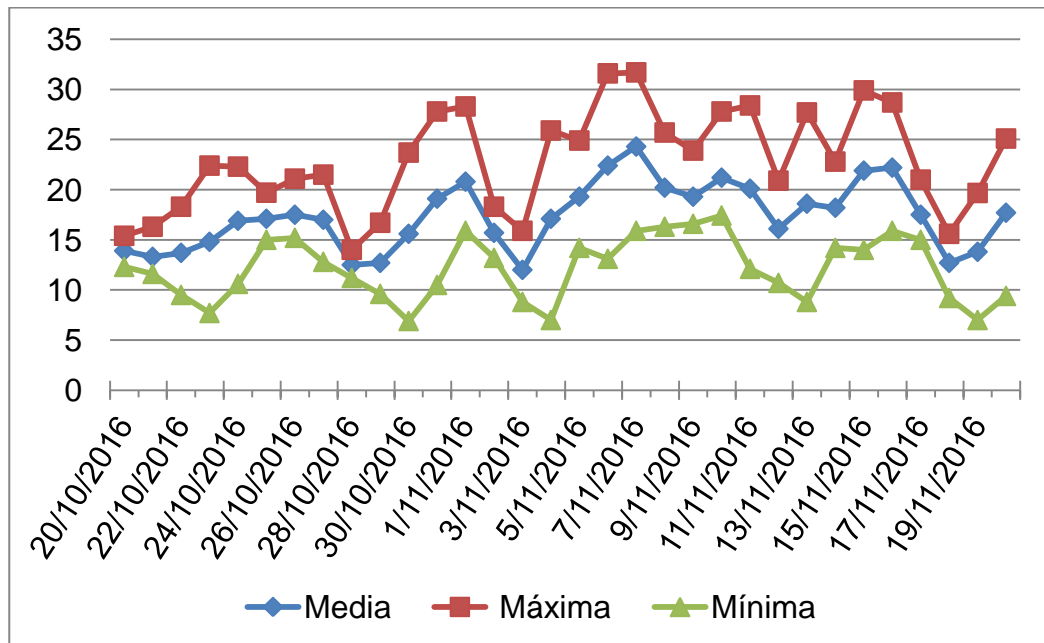


**Figura 24. Daño por viento en Success (izquierda) y Desirable (derecha)**

#### 4.1.5 Temperatura

La ocurrencia de altas temperaturas ( $>35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) durante el ciclo del cultivo, son determinantes en algunas etapas, especialmente durante la floración (octubre), las cuales pueden incidir en un pobre amarre o cuajado de frutos en el racimo, ya que existe alto riesgo de que el polen se deshidrate. Estudios realizados por Grageda et al. (2013) en la región de Hermosillo, en Sonora, México, demuestran la coincidencia de altas temperaturas, en los años 1996, 2000 y 2006 con las bajas producciones.

Otra etapa importante del nogal es la diferenciación floral, la cual se presenta entre febrero y marzo, por lo que la presencia de temperaturas superiores a los  $40^{\circ}\text{C}$  puede llegar a afectar el desarrollo adecuado e incidir en una menor floración en el año siguiente. Los mismos autores en 2005, observaron que las altas temperaturas durante el período de diferenciación generaron una menor producción durante 2006, asociado al fenómeno de alternancia (Grageda et al., 2013).



**Figura 25. Temperaturas máximas, mínimas y medias durante el período de floración.**

Fuente: elaborado con base en INIA. GRAS (s.f.).

La figura 25 muestra las temperaturas (máximas, mínimas y medias) correspondientes al período de polinización, donde se aprecia que la

temperatura no llega a alcanzar los 35 °C, por lo que no sería un factor limitante para la polinización.

## 4.2 ANÁLISIS DE LAS FASES ANUALES: VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA

El ciclo completo del cultivo tuvo en promedio 255 días, en donde no se registraron diferencias considerables entre los cultivares. Esto concuerda con Largada (1977), SAGARPA/INIFAP (2002), Lozano (2013), en donde menciona que el período vegetativo varía de 240 a 270 días, considerándolo desde la brotación hasta la defoliación natural. Además, coincide con el estudio realizado por Takata y Varela (2013) a nivel nacional, en donde el largo del ciclo fue de 270 días.

### 4.2.1 Brotación

La finalización de la dormición en el ciclo de estudio, ocurrió a fines de agosto (figura 26), en donde se observa el estado A. El inicio de la brotación según Tarango (2012), ocurre cuando la yema se hincha y desprende la escama externa quedando expuesta la escama interna de color amarillo limón. Para la mayoría de los cultivares esto sucedió a mediados de setiembre, excepto el cultivar Cape Fear que comenzó a brotar el 30 de agosto, presentando yemas en estado B (figura 27).



Figura 26. Estado A



Figura 27. Estado B 15/09



Al inicio de octubre, ya se comenzaban a expandir las hojas de las yemas terminales y de las laterales, aparecían entre 3 y 4 amentos dependiendo del cultivar (figura 28). Como Madden (1979), Frusso (2007), Wells y Conner (2015) sostienen, la yema brota apareciendo tres amentos en cada lado del brote, siendo capaces de producir más de 10 millones de granos de polen.

La fase de brotación finalizó, para la mayoría de los cultivares entre el 22 y el 29 de octubre (figura 29), entrando ya a principios de noviembre en la fase de floración con el inicio de la liberación de polen.



Estado C1 01/10



Estado C2 10/10

**Figura 28. Estado C1 y C2**



Estado D 15/10



Estado E 22/10

**Figura 29. Estado D y E**

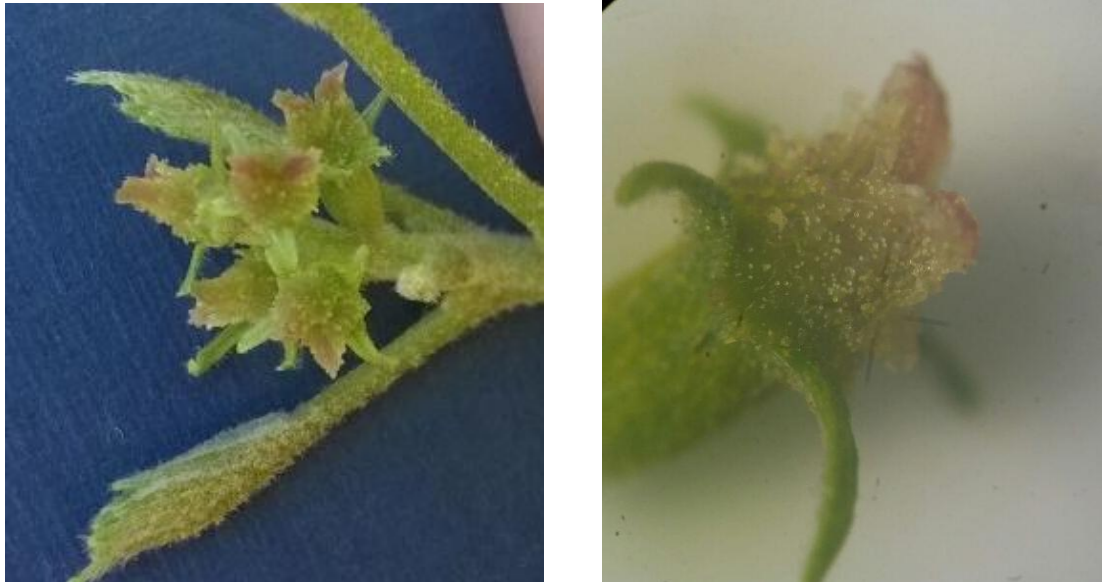
**Cuadro 8. Cultivares y fechas de estados fenológicos**

<b>Cultivares</b>	<b>B</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F1</b>
Cape Fear	30/8/16	15/9/16	24/9/16	1/10/16	15/10/16	29/10/16
Desirable	15/9/16	24/9/16	1/10/16	15/10/16	29/10/16	5/11/16
Elliott	6/9/16	15/9/16	24/9/16	1/10/16	22/10/16	29/10/16
Gloria Grande	15/9/16	24/9/16	10/10/16	15/10/16	22/10/16	29/10/16
Shoshoni	15/9/16	24/9/16	10/10/16	15/10/16	22/10/16	2/10/16
Starking	15/9/16	24/9/16	1/10/16	15/10/16	29/10/16	22/10/16
Stuart	15/9/16	1/10/16	10/10/16	22/10/16	29/10/16	12/11/16
Success	15/9/16	1/10/16	10/10/16	15/10/16	12/11/16	29/10/16
Sumner	15/9/16	24/9/16	10/10/16	15/10/16	22/10/16	29/10/16

#### **4.2.2 Floración**

Según Frusso (2007), el comienzo del desarrollo reproductivo es a partir de la elongación de los amentos, iniciando en la primera semana de octubre, ocurriendo la liberación de polen a fines del mismo mes. Para la mayoría de los cultivares en estudio, la aparición de los amentos ocurrió el 10 de octubre (cuadro 7).

El inicio de la floración se da para los cultivares Cape Fear y Desirable el 22 de octubre con la liberación de polen y para Starking con la receptividad de estigma (figura 30). El resto de los cultivares, salvo Stuart, comenzaron su floración el 29 de octubre presentando protoginia. Stuart fue el cultivar más tardío en florecer iniciando el 5 de noviembre, cuando comenzó a liberar el polen.



**Figura 30. Estigmas receptivos (izquierda), observación en lupa (derecha) 22/10**



Comparando con los datos de fenología de años anteriores de INIA Las Brujas, el inicio de la floración se adelantó con respecto al 2015 en 15 días, y se comportó similar al año 2014.

El período de liberación de polen en total se extendió aproximadamente un mes, con un promedio de dos semanas de duración por cultivar. Takata y Varela (2013) para la zafra 2011-2012 reportan que este fenómeno duró aproximadamente 20 días en promedio por cultivar. En los dos años anteriores para los cultivares estudiadas, los datos de INIA Las Brujas arrojan que el período duró 9 días para el año 2014 y 10 para el 2015, en promedio.

Las flores femeninas aparecen un mes después de la brotación, coincidiendo con Godoy (1996), Takata y Varela (2013), que señalan la aparición a los 31 días. La receptividad del estigma ocurre en promedio una semana después, coincidiendo también con los autores anteriormente mencionados. La duración del período fue de aproximadamente dos semanas en promedio por cultivar.

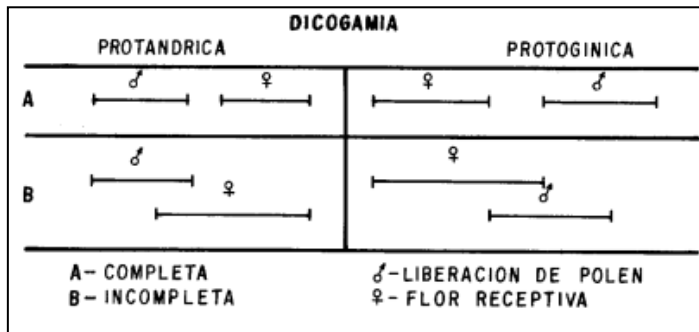
En la figura 31 se puede observar que los cultivares que no coinciden en su floración son Success, Shoshoni, Starking y Desirable.

Cultivares	Octubre								Noviembre												
	22	24	26	28	29	31	2	4	5	7	9	11	12	14	16	18	19	21	23	25	
Cape Fear																					
Desirable																					
Elliott																					
Gloria Grande																					
Shoshoni																					
Starking																					
Stuart																					
Success																					
Sumner																					

Referencias:  
 Estigma receptivo  
 Liberación de polen

**Figura 31. Fechas de floración por cultivar para el año 2016.**

La dicogamia fue tanto protándrica como protogínica (figura 32). A esto se le denomina heterodicogamia, debido a factores ambientales y genéticos. Estos fenómenos pueden ser completos, si la liberación del polen y la receptividad del estigma ocurren en momentos distintos, o bien incompletos cuando parte de ellos coinciden (Núñez et al. 2001, INIFAP 2002, Conner 2011).



**Figura 32. Formas de dicogamia que presenta el nogal pecanero.**

Fuente: tomado de Cortes, citado por Arreola et al. (2002).

En cuanto al comportamiento dicogámico, para este período, casi todas se manifestaron de acuerdo a lo reportado por la región y a su zona de origen.



Stuart se reporta como protogínica según USDA. ARS (s.f.), Mederos et al. (2016), sin embargo, en las condiciones del Sur de Uruguay se comportó como protándrica en el ciclo de estudio y también en los dos años anteriores según datos de INIA Las Brujas 2014 y 2015. Success y Starking se comportaron como protogínica, como se reporta en la región, pero no coincide con su zona de origen (USDA. ARS, s.f.).

El cuadro 9 muestra un resumen de los eventos fenológicos importantes en el ciclo, de acuerdo a distintos autores y la zafra en estudio. Se observa que las fechas son coincidentes entre años, tanto en una misma zona como en la región.

**Cuadro 9. Comparación de estados fenológico para el cultivo en distintos sitios y años con los relevados en este trabajo.**

Duración del ciclo	Inicio brotación	Inicio floración	Floración masculina	Floración femenina	Crecimiento de fruto	Caso
200	30-set.	24-oct.	4-nov. al 15-nov.	24-oct. al 8-nov.	20-nov. al 10-abr.	2007, INTA Delta del Paraná*
270	16-set.	19-oct.	1-nov. al 15-nov.	20-oct. al 10-nov.	15-nov. al 1-abr.	2011, Las Brujas**
280	1-set.	25-oct.	1-nov. al 20-nov.	25-oct. al 5-nov.	10-nov. al 15-abr.	2015, Las Brujas***
255	15-set.	22-oct.	1-nov. al 18-nov.	29-oct. al 5-nov.	10-nov. al 7-abr.	2016, Las Brujas****

Referencias: \*Frusso (2007), \*\*Takata y Varela (2013), \*\*\*INIA (2015), \*\*\*\*zafra de estudio (2016/2017).

#### **4.2.3 Cuajado y caída de frutos**

El cuajado de frutos se estudió para todos los cultivares, contabilizando desde la aparición de las flores femeninas hasta los frutos al momento de la cosecha. Se identificaron las ondas de caída para cada cultivar y se calculó el porcentaje de cuajado final (ver graficas en anexo 7).

Posterior a la fecundación, se produce la primera caída de frutos que corresponden a flores normales no polinizadas, o algunas que sí fueron polinizadas pero la reserva de carbohidratos se agotó en el crecimiento inicial y las nueces no se nutrieron adecuadamente (Arreola y Lagarda 1994, Herrera 1996a). Aproximadamente el 25% del total de las nueces producidas, se caen durante la primera y la segunda caída; esta última ocurre durante el estado

acuoso. Algunos resultados de Sparks y Madden (1997), demuestran que caen menos nueces cuando la polinización es cruzada comparado con la autopolinización.

Cuadro 10. Porcentaje remanente de caída de flores y frutos para cada cultivar.

Cultivar fecha	Cape Fear	Success	Gloria Grande	Sumner	Shoshoni	Stuart	Starking	Desirable	Elliott	promedio general
12/11/2016	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18/11/2016	84,7	77,1	81,3	81,4	85,9	78,2	91,6	82,6	85,6	83,0
02/12/2016	81,3	74,0	65,3	77,0	83,1	78,2	82,0	73,2	68,2	75,1
16/12/2016	70,3	55,7	53,3	72,1	56,3	72,7	61,8	49,2	58,0	59,9
29/12/2016	63,6	42,7	30,7	63,6	40,8	60,0	50,6	8,5	45,5	42,8
13/1/2017	62,7	42,7	29,3	53,5	40,8	56,4	46,3	6,3	45,2	40,1
27/1/2017	56,0	41,2	28,0	51,3	40,8	56,4	35,9	6,3	43,3	37,9
10/2/2017	52,6	39,7	28,0	50,2	40,8	50,9	35,7	6,3	43,0	36,8
24/2/2017	51,7	38,9	28,0	48,3	40,8	43,6	34,7	6,3	42,2	35,4
13/3/2017	51,2	38,9	25,3	48,3	40,8	43,6	30,4	6,3	41,2	34,4
24/3/2017	51,2	38,9	25,3	48,3	40,8	43,6	30,4	6,3	41,2	34,4
07/4/2017	51,2	38,9	25,3	48,3	40,8	43,6	30,1	6,3	40,4	34,2
19/4/2017	51,2	38,9	25,3	48,3	40,8	43,6	29,9	6,3	40,4	34,2
27/4/2017	49,3	38,9	25,3	48,3	38,0	43,6	29,6	5,7	34,8	33,0
03/5/2017	48,3	38,9	25,3	48,3	36,6	43,6	29,6	5,4	33,2	32,6
11/5/2017	48,3	38,9	25,3	48,3	31,0	43,6	29,4	5,4	23,3	30,7
18/5/2017	45,9	36,6	16,0	46,5	31,0	41,8	21,5	5,0	16,6	26,9

Referencias:

	Finalización de primera caída
	Finalización de segunda caída
	Finalización de tercera caída

La primera onda de caída de frutos, ocurrió aproximadamente desde el 18 de noviembre (con la finalización de receptividad de estigma) hasta el 2 de diciembre, donde cayó un 25% de las flores mal formadas y no fecundadas (cuadro 10). Según Polmoski, citado por Reyes y Levín (2014), grandes caídas se producen en años en los que falla la polinización, debido a condiciones climáticas.

La segunda onda de caída finalizó aproximadamente el 29 de diciembre, durante el estado acuoso, donde se perdió en promedio un 32% de la fruta que quedó de la primera caída, superando entre las dos caídas más del 50% (cuadro 10). Esto no coincide con Sparks y Madden (1997), que reportan que la primer y segunda caída no supera el 25%. Takata y Varela (2013) coinciden en que la primer y segunda onda es mayor que 25%.

De acuerdo con Sparks y Heath (1972), Madden et al. (1975), Sparks (1986), ocurre una tercera onda de caída en febrero que se considera causada por el aborto del embrión, asociada al rápido incremento del peso seco de la almendra, lo que implica una competencia nutricional entre los frutos y entre las hojas. Esta tercera onda finalizó el 24 de febrero con una pérdida en promedio del 8% de la fruta remanente. A partir de esta fecha ya no se produjeron caídas importantes de fruta manteniéndose estable hasta cosecha.

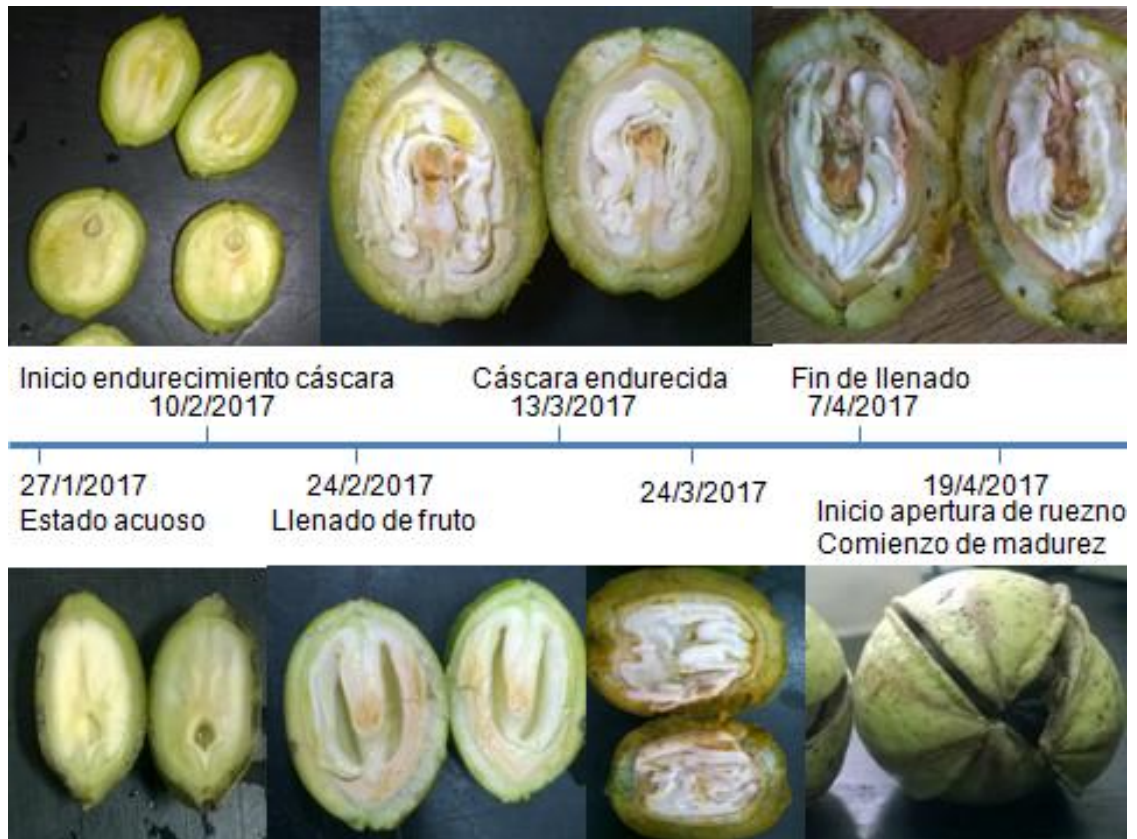
Finalmente se llegó a cosecha con un promedio de todos los cultivares, de 31% de los frutos con respecto al inicio de la floración.

#### **4.2.4 Crecimiento de fruto**

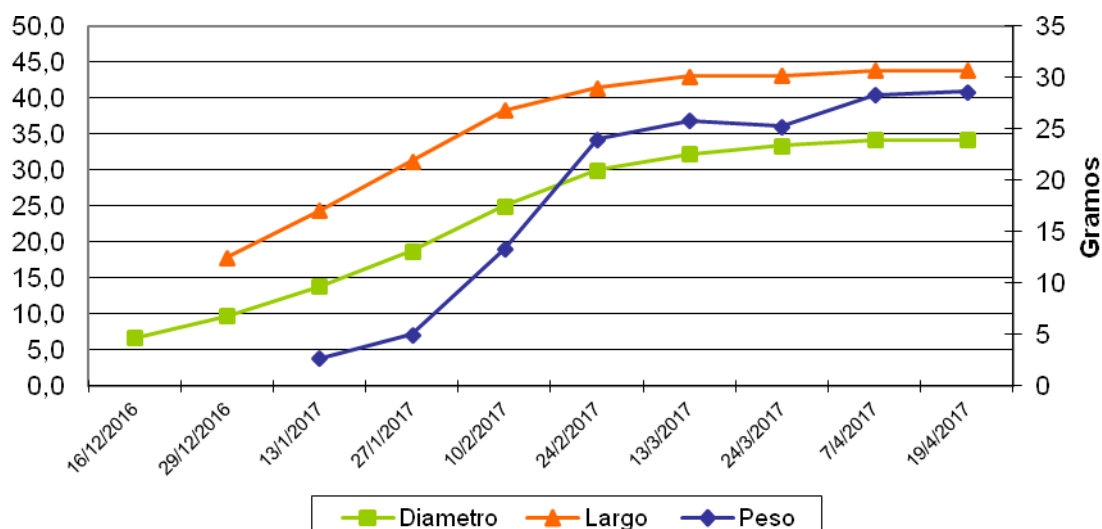
En la medición del crecimiento de los frutos, se tomaron muestras representativas cada dos semanas para la observación de los diferentes estados. Se registró el inicio del estado acuoso, el endurecimiento de la cáscara, el comienzo de llenado de la nuez y por último la maduración con el inicio de la apertura de ruezno, a lo largo de todo el ciclo de crecimiento para el cultivar Success. Estos estados se evaluaron, según la bibliografía, a través del corte de frutos, siendo un método destructivo, además de medición en largo y diámetro de fruto (figuras 33 y 34).

El desarrollo del fruto se inicia después de la polinización y fecundación dividiéndose en dos fases o etapas (ver sección 2.5.1.2 crecimiento de fruto). Una de ellas corresponde a un rápido crecimiento del fruto (desde noviembre a diciembre), que finaliza con el endurecimiento de la cáscara a fines de enero. Luego de este período, la nuez detiene su crecimiento en longitud para luego comenzar a ganar peso. La segunda etapa corresponde al llenado de la nuez, iniciando con el endurecimiento de la cáscara hasta la apertura del ruezno. En

esta fase ocurre el desarrollo y llenado de la almendra. Según Arreola et al. (2002), Herrera (2004), la maduración de la nuez se inicia en la tercera semana del mes de marzo.



**Figura 33. Línea del tiempo: crecimiento de fruto de Success.**



**Figura 34. Gráfico de crecimiento de fruto en diámetro, largo (mm) y peso (g).**

La primera etapa ocurrió desde mediados de noviembre hasta principios de febrero, abarcando desde el inicio de estado acuoso hasta el endurecimiento de la cáscara, con una duración de 90 días. Takata y Varela (2013), en forma coincidente con este estudio, reportan que el fin de la fase uno corresponde al 10 de febrero con el endurecimiento de la cáscara. El fin de la fase dos de llenado de fruto culmina el 7 de abril (cuadro 11). Para Takata y Varela (2013) esta fase culmina el 27 de marzo. La primera fase se completa en 90 días a partir de la receptividad de estigmas, donde el fruto acumula peso seco muy lentamente y abarca casi la mitad del período en que acumula materia seca. La mayoría del peso seco del fruto y el contenido mineral se acumula durante la última mitad de su ciclo de crecimiento que comprende alrededor de unos 50 o 55 días.

**Cuadro 11. Etapas comparativas de crecimiento del fruto a partir de receptividad de estigma hasta fin de llenado de fruto.**

		IF	IEA	MEA	IEC	ILLF	FLLF
Godoy et al. (2000)	Fechas	20-oct.	24-dic.	20-ene.	23-ene.	31-ene.	19-mar.
	Días	0	65	92	95	103	150
Zafra 2016/2017	Fechas	29-oct.	2-ene.	27-ene.	10-feb.	16-feb.	7-abr.
	Días	0	65	90	104	110	160

Referencias: IF = Inicio de floración, IEA = Inicio de estado acuoso, MEA = Máximo de estado acuoso, IEC = Inicio de endurecimiento de la cascara, ILLF = Inicio de llenado de fruto, FLLF = Fin de llenado de fruto.

Fuente: elaborado en base a Godoy et al. (2000)

### 4.3 COSECHA

La nuez está madura cuando el ruezno se separa de la cáscara y las marcas se desarrollan en la punta de la nuez (figura 35). Enseguida, las suturas del ruezno comienzan su abscisión natural desde la parte distal, separándose en cuartos. Esto sucede cuando el sistema vascular se separa parcialmente de la superficie dorsal del ruezno (Sparks 1988, Sparks et al. 1997).

La separación del ruezno de la nuez depende de factores climáticos y la forma de la nuez, siendo menor el desprendimiento en nueces redondas (Herrera, 1990).



**Figura 35. Apertura de ruezno, Gloria Grande 19 de abril de 2017.**

La cosecha de la nuez comienza a partir de la primera semana de abril y se prolonga hasta el mes de mayo, dependiendo de las condiciones ambientales (Ortega et al., 2010), alrededor de 20 semanas después de la polinización (Reyes y Levín, 2014).

Se comenzó cosechando el 29 de mayo de 2017, los cultivares Success, Cape Fear, Gloria Grande y Starking (figura 36). Los demás cultivares se cosecharon el 7 de junio.

Desde polinización a cosecha pasaron aproximadamente 28 semanas. Es importante aclarar que al momento de la cosecha, los frutos se encontraban en un avanzado estado de madurez, por lo que parte de las nueces ya habían caído, pudiendo disminuir la calidad y el tiempo de conservación de las mismas debido a la humedad del suelo, además de entorpecer la cosecha.



**Figura 36. Cosecha de Success 29 de mayo de 2017.**

En promedio el rendimiento por árbol fue de 2,5 kg, con una edad promedio de 7 años, lo que concuerda con Reyes y Levín (2014), que reportan el inicio de la producción a partir del quinto al sexto año, con rendimiento de 1 a 2 kg/árbol. El cultivar que obtuvo menor rendimiento fue Desirable, con menos de medio kilo en promedio por árbol. Contrariamente, el cultivar de mayor rendimiento fue Sumner con 7 kg en promedio por árbol (cuadro 12).

**Cuadro 12. Datos de cosecha.**

Cultivar	Plantación	F. cosecha	Peso (g)/árbol	Calibre de fruto promedio		
				Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
Cape Fear	oct. 2010	29/5/2017	3701,7	22,1	38,6	8,4
Gloria Grande	oct. 2010	29/5/2017	842,32	23,2	39,5	9,4
Shoshoni	oct. 2010	7/5/2017	1695,18	22,8	35,8	7,4
Stuart	oct. 2010	7/5/2017	1224,73	22,7	35,7	7,9
Success	oct. 2010	29/5/2017	1944,56	24,8	34,8	12,7
<b>Sumner</b>	<b>oct. 2010</b>	<b>7/5/2017</b>	<b>7033,38</b>	19,8	37,7	6,7
Desirable	set. 2011	7/5/2017	489,4	22,7	37,3	8,0
<b>Elliott</b>	<b>set. 2011</b>	<b>7/5/2017</b>	<b>2780,32</b>	20,1	29,4	5,3
Starking	set. 2011	29/5/2017	2588,63	21,6	47,5	9,6



### 4.3.1 Descripción por cultivar

Para cada cultivar, se pesó la cosecha total por árbol. También se muestreo al azar 15 frutos por árbol, a los cuales se les midió el diámetro ecuatorial, el largo y el peso por nuez con cascara. Se obtuvo la media para cada parámetro considerado. Además, están las figuras para cada cultivar, las cuales se aprecian su morfología, en donde la superior corresponde siempre al árbol A y la inferior al B.

#### 4.3.1.1 Cape Fear

**Cuadro 13. Datos de cosecha Cape Fear.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
29/5/2017	A	5215,21	21,87	38,53	8,45
29/5/2017	B	2188,24	22,4	38,6	8,25



**Figura 37. Cape Fear, árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.2 Desirable

**Cuadro 14. Datos de cosecha Desirable.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
29/5/2017	A	331	22,8	37,47	8,07
29/5/2017	B	647,79	22,53	37,13	7,84



**Figura 38. Desirable árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.3 Elliott

**Cuadro 15. Datos de cosecha Elliott.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
7/6/2017	A	2614,82	19,2	29,33	5,01
7/6/2017	B	2945,82	21	29,47	5,6



**Figura 39. Elliott árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.4 Gloria Grande

**Cuadro 16. Datos de cosecha Gloria Grande.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
29/5/2017	A	519,62	23,13	39,93	9,7
29/5/2017	B	1165,01	23,2	39,13	9,17



**Figura 40. Gloria Grande árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.5 Shoshoni

**Cuadro 17. Datos de cosecha Shoshoni.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
7/6/2017	A	2078,5	22,47	35,6	7,06
7/6/2017	B	1311,85	23,13	35,93	7,75



**Figura 41. Shoshoni árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.6 Starking

**Cuadro 18. Datos de cosecha Starking.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
29/5/2017	A	1525,71	21,73	53	10,84
29/5/2017	B	3651,55	21,4	41,93	8,36



**Figura 42. Starking árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.7 Stuart

**Cuadro 19. Datos de cosecha Stuart.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
7/6/2017	A	1101,77	22,73	35,93	8,02
7/6/2017	B	1347,68	22,67	35,4	7,87



**Figura 43. Stuart árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.8 Success

**Cuadro 20. Datos de cosecha Success.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
29/5/2017	A	1116,75	24,4	34,67	8,96
29/5/2017	B	2772,35	25,2	35	16,44



**Figura 44. Success árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

#### 4.3.1.9 Sumner

**Cuadro 21. Datos de cosecha Sumner.**

Fecha	Árbol	Peso cosecha (g)	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)
7/6/2017	A	7891,28	19,53	36,93	6,49
7/6/2017	B	6175,48	20	38,47	6,88



**Figura 45. Sumner árbol A (arriba), árbol B (abajo).**

Para la mayoría de los cultivares, entre el árbol A y B no existieron diferencias en cuanto a forma y peso de la nuez. Además, coincide con la bibliografía en cuanto a su morfología. En cambio, Starking presentó diferencia entre el árbol A y B en cuanto a largo y peso (figura 43), siendo el árbol B el que concuerda con la bibliografía.

## **5. CONCLUSIONES**

Las condiciones climáticas para la zona Sur del país en el periodo de estudio fueron aptas para el desarrollo de este cultivo teniendo en cuenta la acumulación de horas de frío, las temperaturas, la humedad relativa y la ocurrencia de vientos. En el periodo de crecimiento de fruto hubo deficiencias hídricas.

El ciclo desde el inicio de la brotación a cosecha para el año en estudio se comportó de manera similar a los años anteriores en la zona de origen y la región.

El periodo de receptividad de estigmas tuvo una duración de 12 días, mientras que el de liberación de polen se extendió hasta 14 días en promedio por cultivar. En total el periodo de floración fue de un mes.

La duración del crecimiento de fruto y por lo tanto el largo del ciclo se ve influenciado fuertemente por la temperatura y humedad. Para el cultivar Success se extendió 10 días más que el promedio.

El cultivar Stuart se comportó, en cuanto a su dicogamia, como protándrico, mientras que Starking y Success como protogínicos.

Para el cultivar Starking los árboles A y B no coinciden en la morfología de frutos. El A presenta frutos más alargados mientras que el B, concuerda con sus características morfológicas. Sin embargo, ambos coincidieron en sus estados fenológicos durante el ciclo.

La caída de frutos sumando las tres ondas representó el 73% de las flores iniciales. Se obtuvo un porcentaje de cuajado en promedio de 27%.

El rendimiento promedio de todos los cultivares en estudio al momento de cosecha fue de 2,5 kg por árbol. Sumner fue la que obtuvo mayor rendimiento, con 7 kg en promedio por árbol, siendo un cultivar muy productivo para su edad.

Hay que tener en cuenta que no existe un cultivar perfecto y por lo tanto se debe tener en cuenta la estrategia comercial.

Se deberá continuar estudiando para obtener mayor información, debido a la demanda que va adquiriendo a nivel nacional.

## 6. RESUMEN

En Uruguay el nogal pecán, *Carya Illinoensis* (Wangehn.) K. Koch, está adquiriendo mayor importancia a nivel productivo y comercial. Presenta un sistema reproductivo complejo al ser una especie monoica (flores femeninas y masculinas separadas, pero en el mismo pie) y presentar, además, dicogamia (maduración de flores en distintos momentos) que dependiendo de los cultivares y las condiciones ambientales serán protogínicos o protándricos. Es por esto que surge el estudio fenológico de cultivares instalados en la estación experimental de INIA Las Brujas para el periodo comprendido desde agosto de 2016 hasta junio de 2017, en el que se analiza todo el ciclo desde la brotación hasta la cosecha. Se consideraron las variables fechas de brotación, duración de la etapa de liberación de polen y de receptividad de estigma, número de flores, tasa de cuajado y número final de frutos para nueve cultivares: Cape Fear, Desirable, Elliott, Gloria Grande, Shoshoni, Starking, Stuart, Success y Sumner. Para medir el crecimiento del fruto se seleccionó el cultivar Success, en donde se midieron las variables: ancho, largo y peso. En cosecha se evaluó rendimiento y características morfológicas de frutos para los nueve cultivares. Los resultados arrojan que, las condiciones climáticas para la zona Sur del país y en el periodo de estudio fueron aptas para el desarrollo de este cultivo, considerando la acumulación de horas de frío, las temperaturas, la humedad relativa y la ocurrencia de vientos fuertes sobre todo en el periodo de liberación de polen y receptividad de estigmas. Las precipitaciones ocurridas no llegaron a satisfacer su demanda, a pesar de la aplicación de riego. En cuanto a datos fenológicos, el ciclo no varió en días, comportándose similarmente a su zona de origen y a la región. Comienza su brotación a fines de agosto que según distintos cultivares se extiende hasta mediados de setiembre. La duración del periodo de receptividad de estigma en promedio fue de una semana, extendiéndose hasta 15 días el periodo de liberación de polen por cultivar. Los cultivares que no coincidieron su floración masculina con la femenina fueron Success, Shoshoni, Starking y Desirable. La mayoría de los cultivares se comportaron en cuanto a su dicogamia de acuerdo a la zona de origen y en la región. Sin embargo, el cultivar Stuart se comportó como protándrico, mientras que lo reportan como protogínico en la región y en su zona de origen. Starking y Success se comportaron como protogínicas no concordando con su zona de origen. La duración del crecimiento de fruto se alargó 10 días, el cual es afectado por la temperatura y la humedad. El rendimiento en promedio por árbol fue de 2,5 kg, lo cual es acorde a la edad de la plantación. El porcentaje de cuajado para las condiciones del estudio resultó ser de 27%.

Palabras clave: *Carya illinoensis*; Fenología; Dicogamia.



## **7. SUMMARY**

In Uruguay the pecan walnut, *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch, is acquiring greater importance at a productive and commercial level. Presents a complex reproductive system to be a monoecious species (separate female and male flowers, but on the same foot) and also present dichogamous (maturation of flowers at different times) that depending on the cultivars and environmental conditions will be protogynous or protandrous. That is why the phenological study of cultivars installed in the experimental station of INIA Las Brujas for the period from august 2016 to june 2017, which analyzes the entire cycle from sprouting to harvest, arises. The variables of sprouting dates, length of stage of pollen release and stigma receptivity, number of flowers, fruit set rate and final number of fruits for nine cultivars were considered: Cape Fear, Desiarble, Elliott, Gloria Grande, Shoshoni, Starking, Stuart, Success and Sumner. To measure the fruit growth, the Success cultivar was selected, where the variables measured were: width, length and weight. In harvest, yield and morphological characteristics of fruits were evaluated for the nine cultivars. The results shown that the climatic conditions for the south zone of the country and in the period of study were suitable for the development of this crop, considering the accumulation of cold hours, temperatures, relative humidity and the occurrence of strong winds over all in the period of pollen release and stigma receptivity. The precipitations that occurred did not meet their demand, despite of irrigation application. Regarding phenological data, the cycle did not change in days, behaving similarly to its place of origin and the region. It begins its sprouting at the end of August, which according to different cultivars, extends until mid-September. The duration of stigma receptivity period was on average one week, extending up to 15 days the pollen release period per cultivar. The cultivars that did not match their male flowering with the feminine one were Success, Shoshoni, Starking and Desirable. Most of the cultivars behaved in terms of their dichogamous according to the zone of origin and the region. However, the cultivar Stuart behaved as protandrous, while it is reported as protogynous in the region and in its place of origin. Starking and Success behaved like protogynous not matching with their place of origin. The fruit growth duration lasted 10 days, being affected by temperature and humidity. The average yield per tree was 2.5 kg, according to age of plantation. The percentage of fruit set for the conditions of the study turned out to be 27%.

Keywords: *Carya illinoensis*; Phenology; Dichogamous.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldred, W.; Begnaud, J.; Black, M.; Drew, M.; Mac Gilliat, A.; Grauke L.; Hancock, B.; Harris, M.; Helmers, S.; Johnson, J.; Kniffen, B.; Knutson, A.; Lipe, J.; Lombardini, L.; Mathies, Z.; McEachern, G.; Miyamoto, S.; Muegge, M.; Nebitt, M.; Pena, J.; Pitt, J.; Provin, T.; Ree, W.; Stein, L.; Stockton, A.; Storey, J.; Thompson, T.; Wagner, A.; Walzem, R.; Wolstenholme, B.; Worthington, J. 2012. Texas Pecán Handbook. Texas, US, Texas A&M University. Texas Agricultural Extension Service. 305 p.
2. Allen, R.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, FAO. 322 p. (FAO. Estudio de Riego y Drenaje no. 56).
3. Amling, H.; Amling, K. 1983. Physiological differentiation of pistillate flowers of Pecán and cold requirements for her initiation. Journal of the American Society of Horticultural Science. 108:195-198.
4. Aragón, M. 2004. EL cultivo del nogal pecanero: sus perspectivas de producción, comercialización y transformación de la nuez. México, FACIATEC/UACH. 163 p.
5. Arreola, A.; Lagarda, M. 1984. Efecto de la polinización cruzada sobre el amarre y calidad del fruto en tres cultivares de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K.). In: Informe de investigación en fruticultura. México, CAELALA/CIAN/INIA. pp. 571-584.
6. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1985. Introducción de variedades de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K.) en la región Lagunera, Matamoros. In: Informe de investigación en fruticultura. México, CAELALA/CIAN/INIA. pp. 585-592.
7. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1994. Fenología el nogal pecanero. In: Informe de investigación de fruticultura. México, CAELALA /CIAN/INIA. pp. 49-67 (Libro Técnico no. 1)

8. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Medina, C. 2002. Fenología. (en línea). In: Tijerina A. ed. Tecnología de producción en nogal pecanero. Coahuila, México, CELALA/CIRNOC/INIFAP. pp. 55-70. (Libro Técnico no. 3). Consultado feb. 2018. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1967/Tecnologia%20de%20produccion%20de%20nogal%20pecanero.pdf?sequence=1>
9. \_\_\_\_\_. 2015. Aceleración de la madurez de la nuez mediante el uso de productos químicos. In: Simposio Internacional de Nogal Pecanero (16°. , 2015, Hermosillo). Trabajos presentados. Sonora, México, SAGARPA/INIFAP. pp. 13-16 (Memoria Científica no. 6).
10. APPU (Asociación de Productores de Pecán del Uruguay, UY). 2017. Presentación APPU. In: Curso sobre Producción de Pecán (3°. , 2017, Canelones). Memorias. Montevideo, INIA Las Brujas. s.p.
11. Brison, R. 1974. Cultivo de nogal pecanero. México, CONAFRUT. 350 p.
12. \_\_\_\_\_. 1976. Cultivo de nogal pecanero. México, CONAFRUT. 211 p.
13. Calderón, A. 1985. Fruticultura general. 3ª. ed. México, Limusa. 759 p.
14. Camargo, A. 2001. El barrenador del ruezno (*Cydia caryana*) (Fitch) como plaga potencial del nogal. Monografía Ing. Agr. Torreón. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. División de Carreras Agronómicas. 57 p.
15. Camarena, G.; Sanjuán, L. 2005. Comercialización de la nuez Pecán en el mercado europeo. Revista Mexicana de Agronegocios. 9 (17): 2-19.
16. Casaubon, E. 2007. Guía para la plantación de Pecán en Argentina. In: Informe técnico; Proyecto Pecan. s.l., INTA. s.p.
17. Cervantes, M.; Orona, I.; Vázquez, C.; Fortis, M.; Espinoza, J. 2018. Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9 (1):25-35.

18. Conner, P. 2011. Optimization of in vitro Pecán pollen germination. (en línea). HortScience. 46 (4):571-576. Consultado feb. 2019. Disponible en <http://hortsci.ashspublications.org/content/46/4/571.full>
  
19. Contarín, S.; Curbelo, L. 1987. Aporte para la regionalización del cultivo de frutales de hoja caduca en el país según la ocurrencia del frío invernal efectivo para el rompimiento del receso. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 116 p.
  
20. Cortes, D.; Gonzalez, J.; Villareal, H.; Rocha, M.; Alanis, J.; Trevino De La Cruz, G. 1989. Guía para el cultivo del nogal en el Estado de Nuevo León. Monterrey, Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en el Estado de Nuevo León/SARH. 91 p. (Folleto para productores no. 1).
  
21. Durán, A.; Califra, A.; Molfino, J. H. 1990. Suelos del Uruguay según Soil Taxonomy 1999. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 14 p. Consultado set. 2017. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/descarga/suelos-del-uruguay-segun-soil-taxonomy-1999>.
  
22. FIRA. ACERCA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura. Estudio de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria., MX). 2002. Nuez, análisis de su rentabilidad. Torreón, Coahuila. s.p.
  
23. \_\_\_\_\_. 2005. Diagnóstico de la red nuez en el estado de Chihuahua. Chihuahua. 18 p.
  
24. Frusso, E. 2007. Características morfológicas y fenológicas del pecán. In: Lavado R.; Frusso, E. eds. Producción de pecán en Argentina. Buenos Aires, INTA Delta del Paraná. cap. 2, s.p.
  
25. Gladden, M. 1979. A comparison of pecans to other foods for nutritive value. Pecan South Magazine. 6 (6): 18-19.
  
26. Godoy, A. 1996. Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero (*Carya illinoensis* K) cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días. In: Conferencia Internacional del Cultivo del Nogal Pecanero (14a., 1996, Ciudad de México). Memorias. México, CIRNOC/INIFAP. pp. 45-57.

27. \_\_\_\_\_.; López, J. 1997. Patrón de extracción y requerimientos de agua en diferentes etapas fenológicas en el nogal. *Terra*. 15(19): 1-6.
28. \_\_\_\_\_.; Reyes, I.; Torres, C.; Huitrón, M.; Chiquito, J.; Morales, J. 2000. Tecnología de riego en nogal pecanero. (en línea). Coahuila, México, SAGARPA/INIFAP. 113 p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1954/Tecnologia%20de%20riego%20en%20nogal%20pecanero.pdf?sequence=1>
29. Grageda, J.; Fú, A.; Valdez, B.; Núñez, H.; Jiménez, A.; Sabori, R.; Urías, E. 2013. El clima y la producción de nogal pecanero. *In*: Simposio Internacional de Nogal Pecanero (14°. 2013, Hermosillo, Sonora, México). Trabajos presentados. Sonora, México, SAGARPA/INIFAP. pp. 62-66 (Memoria Científica no. 4).
30. \_\_\_\_\_.; Jiménez, A.; Fú, A.; Núñez, J.; Sabori, R.; Sánchez, J. 2015. La temperatura en el nogal pecanero. *In*: Simposio Internacional de Nogal Pecanero (16°. 2015, Hermosillo, Sonora, México). Trabajos presentados. Sonora, México, SAGARPA/INIFAP. pp. 57-68 (Memoria Científica no. 6).
31. Herrera, E. 1990. Fruit growth and development of Ideal and Western pecans. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 115: 915-923
32. \_\_\_\_\_. 1996a. Hábitos de floración del nogal. *In*: NHSU Guía sobre el nogal pecanero. Las Cruces, Nuevo México, Servicio Cooperativo de Extensión Agrícola. pp. 272-279.
33. \_\_\_\_\_.; Clevenger, T. 1996b. Importancia económica de la industria nogalera en EUA (Guía Z-501). Nuevo México, Servicio Cooperativo de Extensión Agrícola. pp. 2-5.
34. \_\_\_\_\_. 2004. Manejo de huertas de nogal. Chihuahua, México, Universidad Autónoma de Chihuahua. pp. 183-267.
35. Hu, H.; Sparks, D. 1990. Zinc deficiency inhibits reproductive development in Stuart pecan. *HortScience*. 25:1392-1396.

36. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in Stuart pecan. HortScience. 26:267-268.
37. Hurell, J.; Delucchi, G.; Keller, H. 2011. *Carya Illinoensis* (Juglandaceae) Adventicia en la Argentina. (en línea). Bonplandia. 20(1):47-54. Consultado ago. 2017. Disponible en [http://ibone.unne.edu.ar/objetos/up/documentos/bonplandia/public/20\\_1/47\\_54.pdf](http://ibone.unne.edu.ar/objetos/up/documentos/bonplandia/public/20_1/47_54.pdf)
38. INC (International Nut and Dried Fruit, ES). 2017. Nut and Dried Fruit Statistical Yearbook 2017/2018. Reus. 76 p.
39. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2016. Descripción de estados fenológicos de pecán. (en línea). Montevideo. 2 p. (Cartilla no. 67). Consultado nov. 2016. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6339/1/067-PECAN.pdf>
40. \_\_\_\_\_. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). s.f. Banco de datos agroclimáticos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado feb. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
41. INUMET (Instituto Nacional Uruguayo de Meteorología, UY). 2018. El clima y su variabilidad en Uruguay. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ago. 2018. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/>
42. Lagarda, M. 1977. Relación entre crecimiento del fruto y algunos puntos críticos del desarrollo fenológico con la acumulación de unidades caloríficas en el cultivo del nogal cascara de papel. In: Seminario Técnico (4º., 1977, Comarca Lagunera, México). Memorias. Comarca Lagunera, CAELALA/CIANE/INIA. p.irr.
43. \_\_\_\_\_. 2007. Alternancia de producción en nogal pecanero. In: Congreso del Nogal Pecanero (14º., 2007, Chihuahua, México). Memorias. Chihuahua, México, Asociación Agrícola de Productores de Nogal y Nuez. pp. 5-8.

44. \_\_\_\_\_. 2009. Fisiología de la brotación del nogal pecanero. In: Congreso del Nogal Pecanero (15º., 2009, Chihuahua, México). Memorias. Chihuahua, México, Asociación Agrícola de Productores de Nogal y Nuez. pp. 77-88.
45. Lemús, G. 2004. El cultivo de pecano (*Carya Illinoensis*). (en línea). San Felipe, s.e. 22 p. Consultado ago. 2017. Disponible en <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/EL%20CULTIVO%20DEL%20PECANO.pdf>
46. Lozano, J. 2013. Cultivo del Nogal (*Carya illinoensis*). Monografía Ing. Agr. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. División de Carreras Agronómicas. 82 p.
47. Madden, G.; Brison, F.; Mac Daniel, J. 1975. Pecans. In: Jaynes, R. ed. Handbook of North America nut trees. Texas, North Nut Growers Association. pp. 153-169.
48. \_\_\_\_\_. 1979. The trees Pecans. In: Jaynes, R. ed. Nut tree Culture in North America. Texas, Northern Nut Growers Association. pp. 13-34.
49. Madero, E.; Frusso, E. 2009b. La nuez Pecán en Argentina. In: Curso sobre Pecán (1º., 2009, Las Brujas). Memorias. Canelones, Uruguay, INIA. s.p
50. \_\_\_\_\_.; Trabichet, F.; Pepé, F.; Wright, E. 2017. Manual de manejo del huerto del nogal Pecán. (en línea). Campana, Buenos Aires, INTA. 94 p. Consultado set. 2017. Disponible en <http://clusterdelanuezpecan.net/wp-content/uploads/2017/04/PECAN-2017.pdf-con-registros-9-3-17-con-registros.pdf>
51. Martínez, D.; Núñez, H. 2003. Ontogenia y viviparidad de la nuez en la Costa de Hermosillo, Sonora. In: Seminario internacional de Nogal Pecanero (4º., 2003, Hermosillo, Sonora, México). Memorias. Sonora, México, SAGARPA. INIFAP. pp. 70-77.
52. \_\_\_\_\_. 2007. Fases críticas en el desarrollo de la nuez. In: Seminario Pecanero (11º., 2007, Hermosillo, Sonora, México). Memorias. Sonora, México, INIFAP. CECH. pp. 50-53.

53. \_\_\_\_\_.; Sabori, R.; Núñez, H. 2010. Reservas de Carbohidratos en el nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch) y su relación con la alternancia. *In*: Simposio Internacional de Nogal Pecanero (11°. , 2010, Hermosillo, Sonora, México) Memorias. Sonora, México, SAGARPA. INIFAP. pp. 94-97.
54. \_\_\_\_\_.; Sabori, R.; Núñez, M. 2012. Carbohidratos en raíces del nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch) y su relación con la alternancia en la producción. *In*: Simposio Internacional de Nogal Pecanero (13°. , 2010, Hermosillo, Sonora, México) Memorias. Sonora, México, SAGARPA. INIFAP. pp. 80-85.
55. Medina, M. 1980. Marco de referencia regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. *In*: Informe de investigación de fruticultura. Comarca Lagunera, México, CAELALA /CIAN/INIA. p.irr.
56. Mendoza, M. 1969. La nuez pecanera. México, Banco Agropecuario del Norte. 70 p.
57. MGAP. PRENADER (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Programa de Recursos Naturales y Desarrollo del Riego, UY). s.f. Sistema de información geográfico. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://www.prenader.gub.uy/>
58. \_\_\_\_\_. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables, UY). 1982. Sistema de información geográfica. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2017. Disponible en <http://www.renare.gub.uy>
59. Núñez, M.; Valdez, G.; Martínez, D.; Valenzuela, C. 2001. El nogal pecanero en Sonora. México, SAGRAPA. 209 p. (Folleto Técnico no. 3)
60. Ojeda, D.; Reyes, A.; Ramírez, H.; Lagarda, A.; Chávez, F.; Uvalle, J.; Rivero, R.; Romero, L. 2003. Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecanero. *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. 2ª. ed. Granada, España, Placido Cuadros. 120 p.
61. \_\_\_\_\_.; Hernández, R.; Martínez, T.; Núñez, B.; Perea, P. 2009. Aplicación foliar de quelatos de Zn en nogales pecaneros. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 5(2): 205-210.



62. Ortega, L., Arreola, J. G., Trejo, R., García, G., Esquivel, O., López, J. 2010. Compactación del período de maduración en cosecha de nuez en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch). (en línea). Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 9: 38-43. Consultado feb. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545062007>
63. Pérez, G. 2013. Manejo y producción del nogal pecanero (*Carya illinoensis*). Tesis Ing. Agr. Cohauila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. División de Carreras Agronómicas. 64 p.
64. Peterson, J. 1990. *Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch pecan. (en línea). In: Burns, R.; Honkala, B. eds. Silvics of North America. Washington, D. C., USDA. FS. pp. 205-210 (Agriculture Handbook no. 654). Consultado ago. 2017. Disponible en [https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag\\_654\\_vol2.pdf](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654_vol2.pdf)
65. RAE (Real Academia Española, ES). 2014. Diccionario de la lengua española. 23ª. ed. Madrid, Espasa. 2432 p.
66. Raz, D. 1985. *Carya illinoensis*. In: Halevy, A. ed. Handbook of flowering. Boca Ratón, FL, CRC. pp. 158-165.
67. Reid, W.; Husling, S.; Smith, M.; Manes, N.; Whitworth, J. 1993. Fruit-removal time influences return bloom of pecan. HortScience. 28: 800-802.
68. Reyes, M.; Levín, A. 2014. Frutales de nuez cinco alternativas no tradicionales para el secano interior del Maule. (en línea). INIA Chillán. Boletín no.301: 81-102. Consultado ene. 2019. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40190.pdf>.
69. Richardson, E.; Seeley, S.; Walter, D. 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach trees. HortScience. 9(4): 331-332.

70. SAGARPA. INIFAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas Y Pecuarias, MX). 2002. Tecnología de producción en nogal pecanero. (en línea). México, CAELALA/CIRNOC. 221 p. Consultado ene. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/document/277015124/Tecnologia-de-Produccion-de-Nogal-Pecanero>
71. Salas, F. 1986. Comportamiento fenológico de nueve cultivares de nogal en la zona Sur del estado de Chihuahua. *In*: Día del Nogalero (1°. , 1986, México). Memorias. Delicias, México, INIFAP. pp. 9-18.
72. Samani, Z.; Bawazir, S.; Skaggs, R.; Longwort, J.; Piñon, A; Tran, V. 2011. A simple irrigation scheduling approach for pecans. *Agricultural Water Management*. 98(4): 661-664.
73. Sammis, T.; Mexal, J.; Miller, D. 2004. Evapotranspiration of flood-irrigated pecans. *Agricultural Water Management*. 69(3): 179-190.
74. Santibáñez, F. 1994. Crop requirements: temperate crops. *In*: Griffiths, J. ed. Handbook of agricultural meteorology. New York, Oxford University. pp. 174-188.
75. Severino, V.; Arbiza, H.; Arias, M.; Manzi, M.; Gravina, A. 2011. Modelos de cuantificación de frío efectivo invernal adaptados a la producción de manzana en Uruguay (en línea). *Agrociencia (Uruguay)*. 5(2): 19-28. Consultado mar. 2019. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482011000200003&lng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482011000200003&lng=es).
76. Smith, M.; Mcnew, R.; Ager, P.; Cotten, B. 1986. Seasonal changes in the carbohydrate concentration in pecan shoots their relationship to flowering. *HortScience*. 111: 558-561.
77. \_\_\_\_\_; Gallot, J. 1990. Mechanical thinning in pecan fruit. *HortScience*. 25: 414-416.
78. \_\_\_\_\_. 2009. Partitioning Phosphorus and Potassium in Pecan Trees during Highand Low-crop Seasons. *HortScience*. 134: 399-404.
79. Sparks, D.; Brack, C. 1972a. Pistillate flower and fruit properties of pecan as a function of time and shoot length. *HortScience*. 7(4): 402-403.

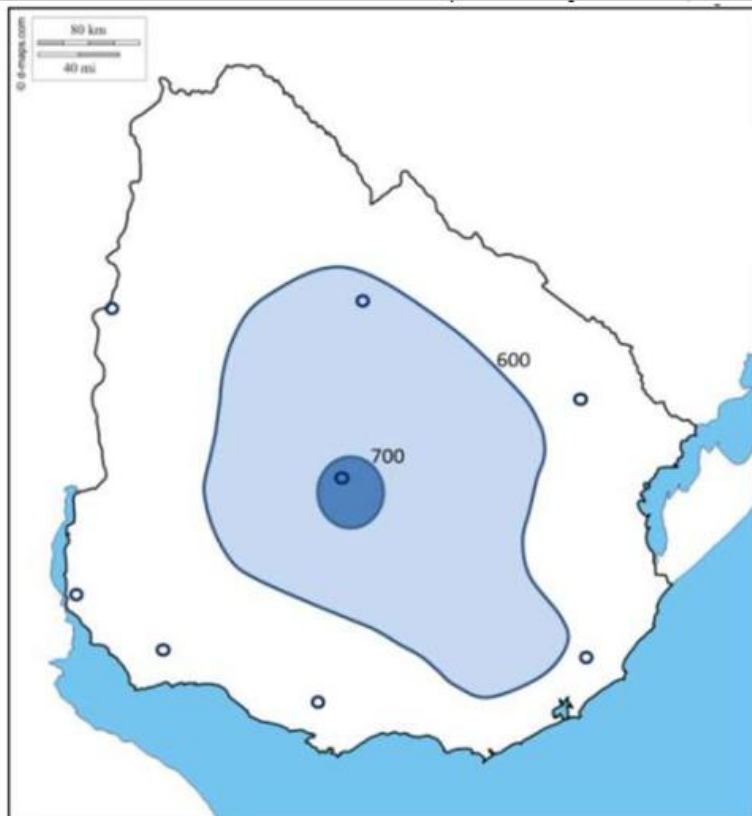
80. \_\_\_\_\_.; Heath, J. 1972b. Return bloom and fruit set of pecan from leaf and fruit removal. HortScience. 7: 131-132.
81. \_\_\_\_\_.1986. Pecan. In: Monselise, S. ed. Handbook of fruit set and development. Boca Ratón, CRC. pp. 323-339.
82. \_\_\_\_\_. 1988. Growth and nutritional status of pecan in response to phosphorus. HortScience. 113: 850-859.
83. \_\_\_\_\_.; Madden, D. 1997. Effect of the genotype on the elemental concentration of pecan leaves. HortScience. 12(4): 251-252.
84. Storey, J.; Wolstenholme, B. 1997. Desarrollo de la fruta del nogal. In: Ciclo de Conferencias Internacionales de Productores de Nuez de la República Mexicana (3º., 1997, México). Memorias. México, CONAFRUT. pp. 42-48.
85. Takata, V.; Varela, V. 2013. Caracterización de la nuez Pecán "*Carya illinoensis*" y sus perspectivas de comercialización en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 135 p.
86. Tarango, S. 2012. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. 3ª. ed. Delicias, Chihuahua, México, INIFAP. 41 p. (Folleto técnico no. 24)
87. Toole, E. 1965. Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch). In: Fowells, H. ed. Silvics of forest trees of the United States. Washington, D. C., USDA. FS. pp. 121-123.
88. Trabichet, F. 2016. Guía de buenas prácticas agrícolas para la producción de nuez Pecán. (en línea). Campana, Buenos Aires, INTA. 49 p. Consultado ene. 2019. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_agricolas\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_nuez\\_pecan.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_guia_de_buenas_practicas_agricolas_para_la_produccion_de_nuez_pecan.pdf)
89. USDA. ARS (United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, US). s.f. Pecan breeding program national clonal germplasm repository for pecans and hickories. (en línea). Austin. s.p. Consultado ago. 2018. Disponible en <http://aggiehorticulture.tamu.edu/CARYA/index.htm>

90. \_\_\_\_\_. NASS (United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service, US). 2011. Annual non citrus fruits and nuts summary. Austin. 84 p.
91. Vendrame, W.; Wetzstein, H. 2005. *Carya illinoensis* pecan. In: Litz, R. ed. Biotechnology of fruit and nut crops. 29<sup>th</sup>. ed. Wallingford, CABI. pp. 298-306.
92. Wang, J.; Sammis, T.; Andales, A.; Simmons, L.; Gutschick, V.; Miller, D. 2007. Crop coefficients of open-canopy pecan orchards. *Agricultural Water Management*. 88(1): 253-262.
93. Weinbaum, S.; Johnson, R.; Dejong, T. 1992. Causes and consequences of over fertilization in orchards. *HortTechnology*. 2: 112-121.
94. Weinberger, J. 1950. Chilling requirements of peach varieties. *HortScience*. 56:122-128.
95. Wells, L.; Conner, P. 2015. Pecan varieties for Georgia orchards. (en línea). University of Georgia. Extension circular 898. 10 p. Consultado ene. 2019. Disponible en [https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%20898\\_4.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%20898_4.PDF).
96. \_\_\_\_\_. 2017. Southeastern Pecan Grower's Handbook. Georgia, University of Georgia. 236 p.
97. Wetzstein, Y.; Sparks, D. 1983. The morphology of pistillate flower differentiation in pecan. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 108: 997-1003.
98. Wood, B.; Payne, J. 1991. Pecan an Emerging crop. (en línea). *Chronica Horticulturae*. 31(2): 21-23. Consultado mar. 2018. Disponible en <https://www.actahort.org/chronica/pdf/ch3102.pdf>.
99. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1993. Pecan - an emerging crop. *WANATAKA Yearbook*. 17: 14-19.
100. \_\_\_\_\_. 2011. Influence of plant biorregulators on pecan flowering and implications for regulation of pistillate flower initiation. *HortScience*. 46: 870-877.

101. Worthinton, J.; Stein, L. 1993. Water management. In: Alonzo, M. ed. Texas Pecan Handbook. Texas, US, Texas A&M University. Texas Agricultural Extension Service. pp. 9-20.
102. Wolstenholme, B. 1979. The ecology of Pecan trees. Part. 2. The Pecan Quarterly. 13: 14-19.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Curvas de horas de frío.



Fuente: tomado de Contarín y Curbelo (1987).

## **Anexo 2. Tipo de suelo 10.8b índice CONEAT 184.**

Tipo de suelo seleccionado: índice CONEAT. 184.

Descripción: a este grupo corresponden la mayoría de las tierras onduladas suaves de los departamentos de Canelones y San José, situándose en los alrededores de centros poblados tales como Libertad, San José, Tala, Canelones, San Bautista, etc. Existen con menor extensión en los departamentos de Colonia y Maldonado. El material geológico corresponde a sedimentos limo arcillosos de color pardo y normalmente con concreciones de carbonato de calcio. El relieve es suavemente ondulado a ondulado con predominio de pendientes de 1 a 4%, existiendo una región en los alrededores de Tapia con pendientes de 3 a 6%. Corresponde a áreas con menor grado de erosión actual, definiéndose como moderada, con áreas asociadas de erosión ligera. Predomina entonces la erosión laminar, con pérdida variable de los horizontes superiores. Este grupo normalmente se localiza en posiciones de bajo riesgo de erosión, como son los interfluvios altos y laderas de pendientes suaves. Los suelos corresponden a Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Eútricos y Subeútricos Típicos (Praderas Negras y Pardas medias), de color negro o pardo muy oscuro, textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Este grupo corresponde a las unidades Tala-Rodríguez, Libertad y San Jacinto e integra en menor proporción las unidades Ecilda Paullier-Las Brujas e Isla Mala de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F).

### Anexo 3. Referencia de escala fenológica.

## DESCRIPCIÓN DE ESTADOS FENOLÓGICOS DE PECÁN

Adaptado de L J Grauke

CARTILLA  
Nº 67



**Estado A**  
Yema dormida



**Estado B**  
Apertura de escamas externas



**Estado C1**  
Desborre



**Estado C2**  
La yema se abre, se separan escamas, brácteas y folíolos.  
Aparecen los amentos (flor masculina).



**Estado D**  
Separación de las hojas



**Estado E**  
Desarrollo de folíolos y liberación de polen

**inia**

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
URUGUAY

Fuente: INIA (2016).





**Estado F1**  
Plena floración femenina, estigmas receptivos



**Estado F2**  
Fin de receptividad del estigma



**Estado G**  
Cuajado



**Estado H**  
Crecimiento del fruto



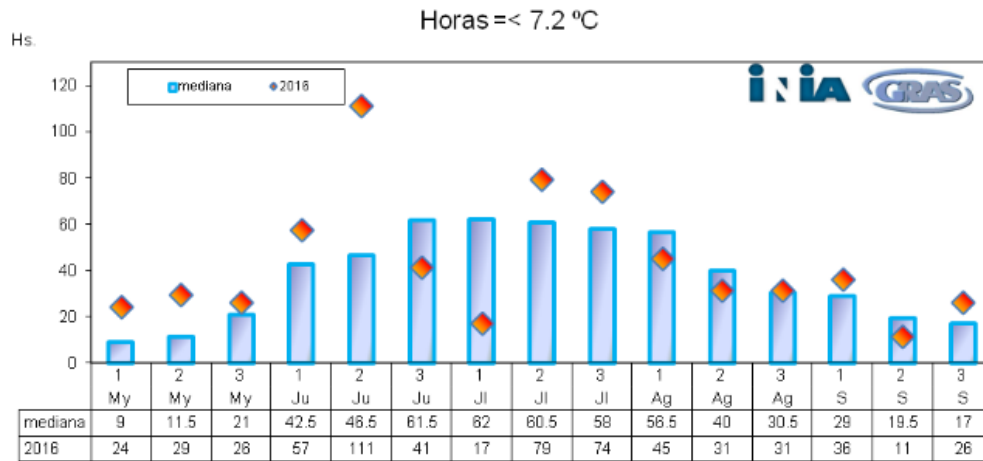
**Estado I**  
Apertura del ruzno y amarillamiento de hojas



**Estado J**  
Madurez de la nuez. Caída del fruto

## Anexo 4. Gráfica horas de frío.

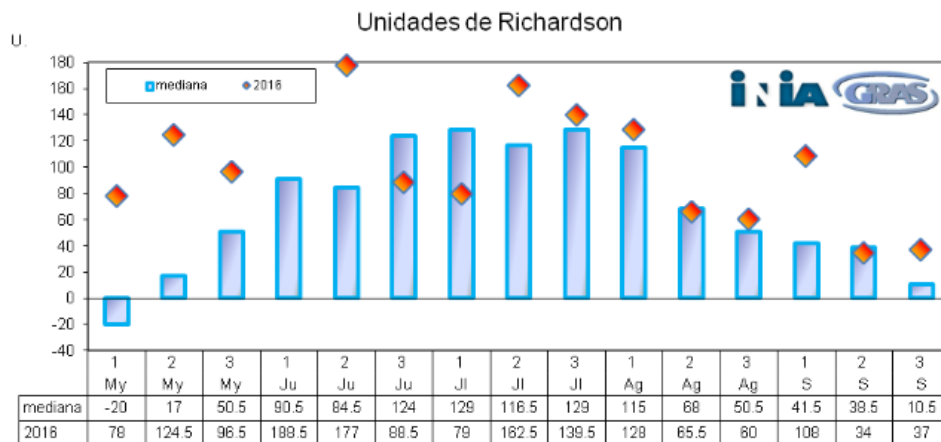
← Las Brujas 2016 Horas frío ≤ 7.2 °C →



Fuente: tomado de INIA. GRAS (s.f.).

## Gráfica unidades de frío

← Las Brujas 2016 Unidades de frío Richardson →



Fuente: tomado de INIA. GRAS (s.f.).

## Anexo 5. Balance hídrico.

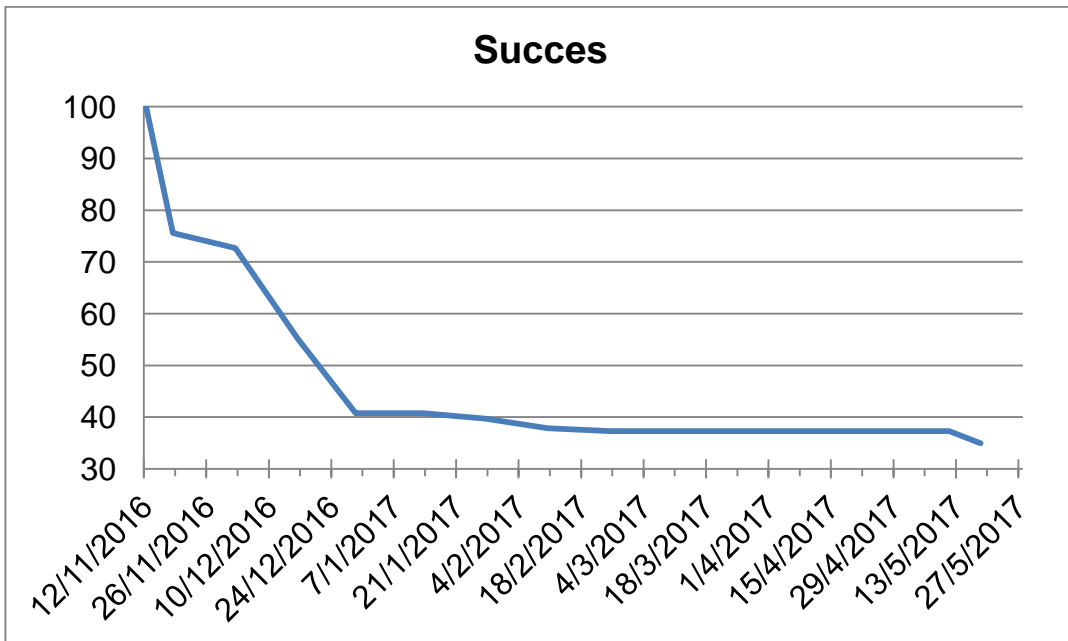
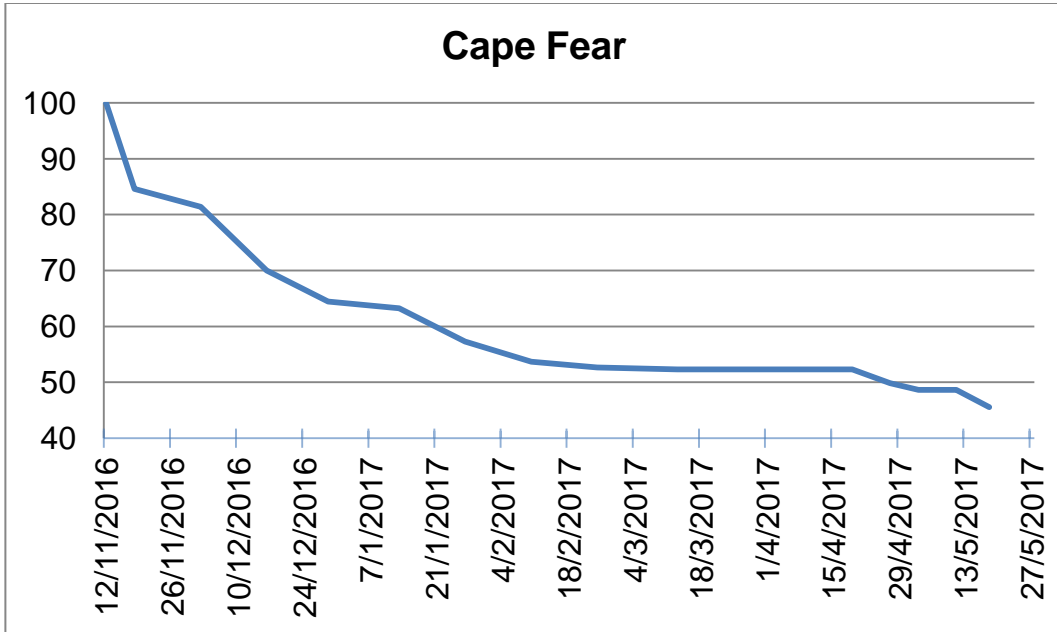
Demanda hídrica atmosférica			
Mes	Precipitación efectiva mm	Evapotranspiración mm	Balance
ago.-16	71,5	38,8	32,7
set.-16	64,1	62,6	1,5
oct.-16	84,2	90,8	-6,6
nov.-16	79,6	122,5	-42,9
dic.-16	104,2	150,2	-46
ene.-17	104,7	141,2	-36,5
feb.-17	85,8	111	-25,2
mar.-17	43,3	97,4	-54,1
abr.-17	55,1	59,2	-4,1
may.-17	142,3	27,9	114,4
jun.-17	11,5	26,6	-15,1
jul.-17	109,3	26,3	83

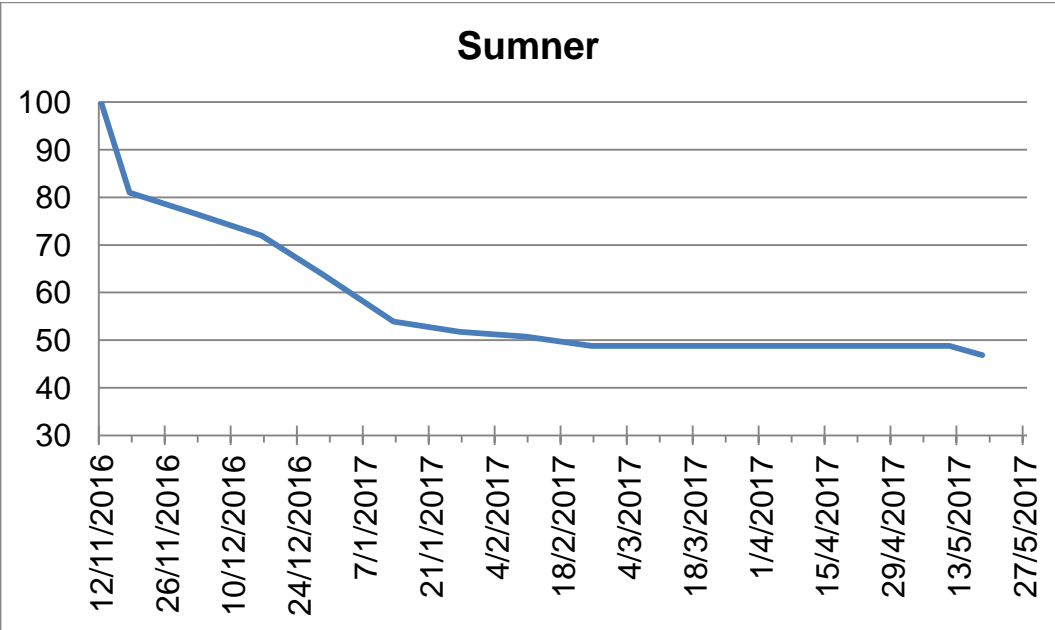
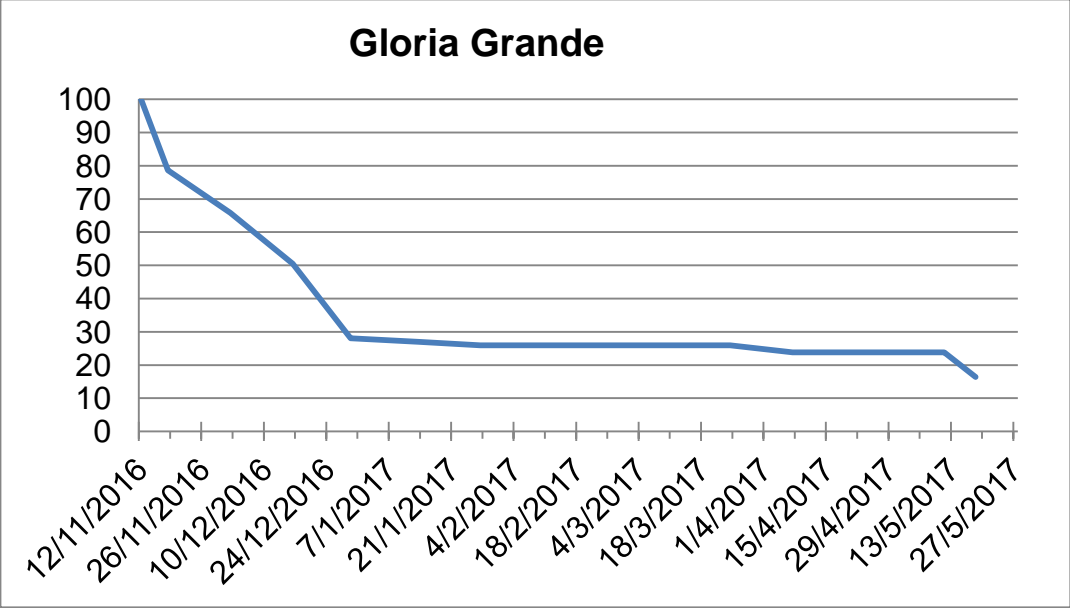
**Anexo 6. Viento en el periodo de floración.**

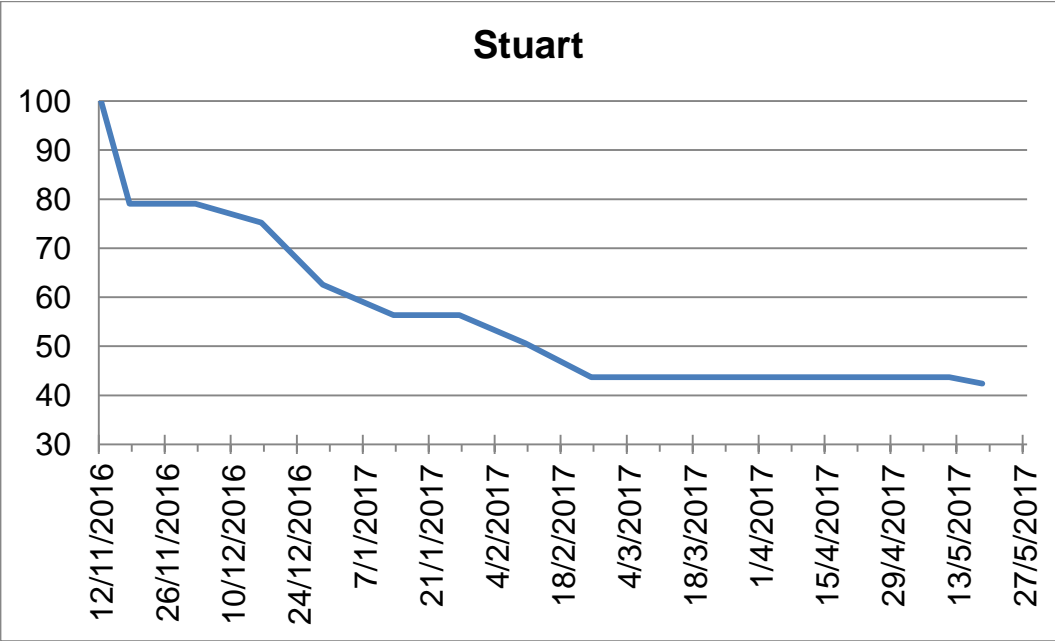
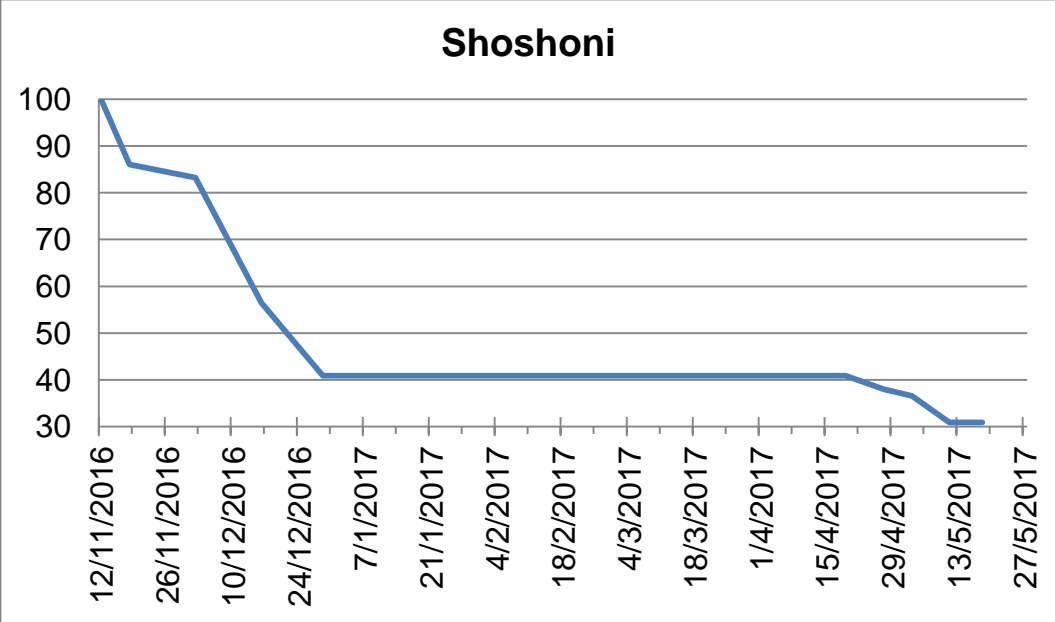
Fecha	Viento 2m/km/24hs	km/h	m/s	promedio/visita
25/11/2016	79	3,29166667	0,91	
24/11/2016	53,8	2,24166667	0,62	
23/11/2016	49,2	2,05	0,57	
22/11/2016	54	2,25	0,63	
21/11/2016	94,9	3,95416667	1,10	
20/11/2016	88,9	3,70416667	1,03	
19/11/2016	44,7	1,8625	0,52	
<b>18/11/2016</b>	<b>42,5</b>	<b>1,77083333</b>	<b>0,49</b>	
17/11/2016	148,4	6,18333333	1,72	
16/11/2016	108,8	4,53333333	1,26	
15/11/2016	111,4	4,64166667	1,29	0,88
14/11/2016	3,7	0,15416667	0,04	
13/11/2016	28,4	1,18333333	0,33	
<b>12/11/2016</b>	<b>57</b>	<b>2,375</b>	<b>0,66</b>	
11/11/2016	26,8	1,11666667	0,31	
10/11/2016	99,7	4,15416667	1,15	
9/11/2016	51,3	2,1375	0,59	0,9
8/11/2016	128,6	5,35833333	1,49	
7/11/2016	160,9	6,70416667	1,86	
6/11/2016	50,2	2,09166667	0,58	
<b>5/11/2016</b>	<b>26,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,31</b>	
4/11/2016	76	3,16666667	0,88	
3/11/2016	180,4	7,51666667	2,09	
2/11/2016	167,7	6,9875	1,94	1,39
1/11/2016	173,1	7,2125	2,00	
31/10/2016	53,6	2,23333333	0,62	
30/10/2016	83,1	3,4625	0,96	
<b>29/10/2016</b>	<b>109,7</b>	<b>4,57083333</b>	<b>1,27</b>	
28/10/2016	63,3	2,6375	0,73	
27/10/2016	492,2	20,5083333	5,70	
26/10/2016	447,1	18,6291667	5,17	2,53
25/10/2016	162,9	6,7875	1,89	
24/10/2016	185,5	7,72916667	2,15	
23/10/2016	106,8	4,45	1,24	
<b>22/10/2016</b>	<b>70,9</b>	<b>2,95416667</b>	<b>0,82</b>	

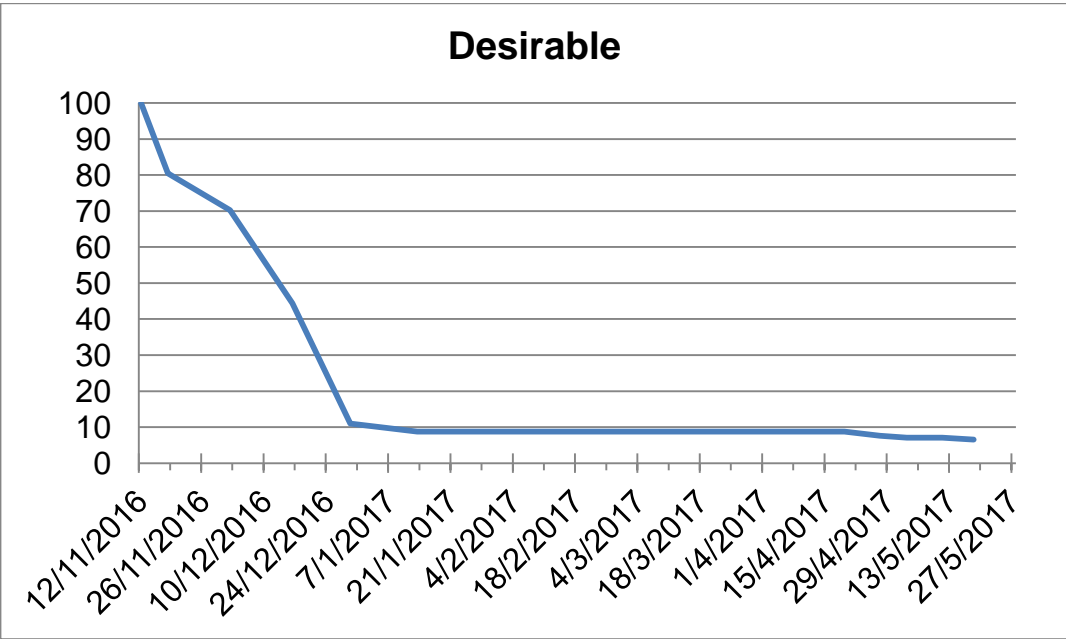
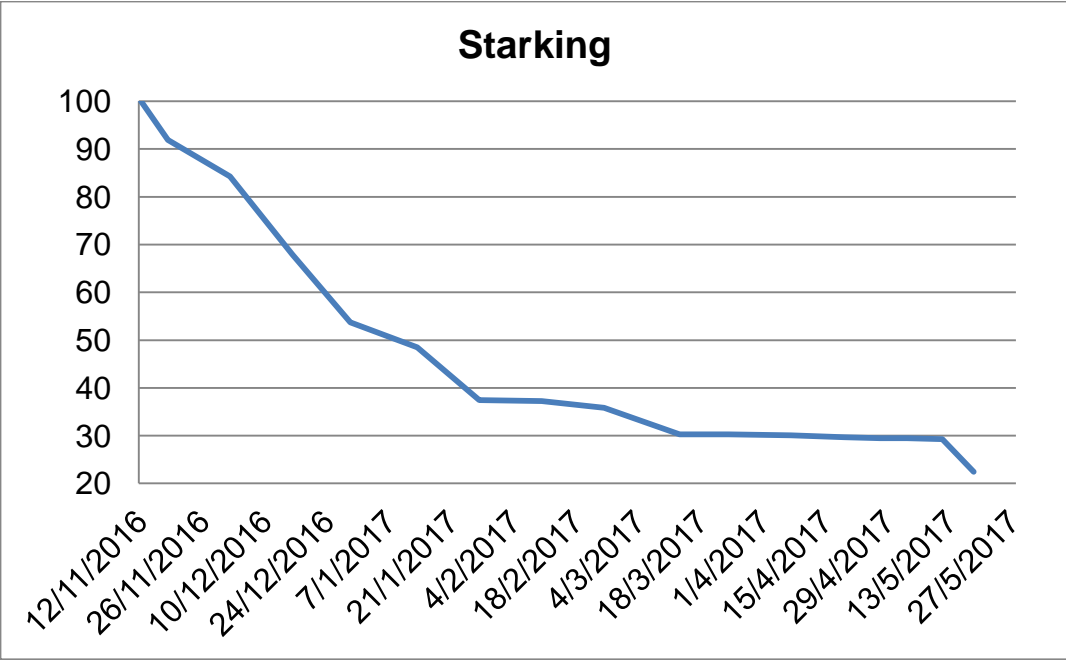
Fuente: adaptado de INIA. GRAS (s.f.).

**Anexo 7. Gráficas de caída de fruto por variedad.**











# Elliot

