

INFORME TÉCNICO Y DE GESTIÓN

SOCIEDAD AGRÍCOLA UNI-AGRI COPIAPÓ LTDA.

**INTRODUCCIÓN DEL ALMENDRO COMO RECURSO MEJORADOR DE LAS
CONDICIONES DE VIDA DE LOS HABITANTES DEL SECANO DE ZONA CENTRAL**

CÓDIGO: C01-1-A-042

INFORME FINAL

1º diciembre de 2001 al 31 agosto de 2006

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	04 SET. 2006
Hora	8:45
Nº Ingreso	4398

COORDINADOR DEL PROYECTO:
Luis Fernández Mac-Dermitt

USO INTERNO FIA	
FECHA RECEPCIÓN	

I. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre del Proyecto: Introducción del almendro como recurso mejorador de las condiciones de vida de las habitantes del secano de zona central.

Código: C01-1-A-042

Región: V y VI Región

Fecha de aprobación o adjudicación: diciembre de 2001

Agente Ejecutor y Asociados: Sociedad Agrícola Uni Agri Copiapó Ltda.

Coordinador del Proyecto: Luis Fernández Mac-Dermitt

Costo Total: \$82.113.970

Aporte del FIA: \$57.230.388 (69,7% del costo total)

Período de Ejecución: 1 de diciembre de 2001 a 31 de agosto de 2006

II. RESUMEN EJECUTIVO

La producción de las plantas se inició en octubre del año 2001, con material proveniente la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile, y del propio vivero.

Se seleccionaron 4 lugares de ensayo considerando la aptitud del terreno; capacidad, tamaño e interés del agricultor, prefiriéndose agricultores pequeños, o que por su liderazgo, sean un buen polo para mostrar el nuevo conocimiento. Las unidades definitivas fueron ubicadas al interior de Lolol, Panamá (Sta. Cruz), Malloa y Santo Domingo. La preparación de cada unidad demostrativa contempló desmonte, trazado de curvas de nivel, subsolado, construcción de bordes o camellones y plantación; posterior a ésta se realizaron 2 reinjertaciones en terreno, para reponer plantas que no prendieron su injerto. Al establecimiento los principales problemas fueron: menor prendimiento del esperado; suelos sobresaturados a fines de invierno y muerte de plantas, destrozos por parte de animales y atrasos en las labores para conservar el agua en el suelo.

Las evaluaciones de temperatura y humedad se realizaron mediante dispositivos automáticos, perdiéndose algunos datos por fallas en los equipos. La pluviometría y evaporación se registró normalmente, especialmente después de cambiar los equipos ET-gage al primer año del estudio. La evolución de la humedad de suelo, mediante un equipo DIVINER 2000, se llevó a cabo normalmente después del año 2003, calibrándose en febrero de 2004 y en el verano de 2005. Las evaluaciones del desarrollo vegetativo se realizaron normalmente, aunque la evaluación de proyección de copa se realizó hasta el año 2005, evaluándose el índice de área foliar mediante el Digital Plant Canopy Imager CI-110 (lente "ojo de pez").

El seguimiento de la fenología, cuaje, caracterización de la semilla y producción se realizó todos los años del estudio. Adicionalmente, se realizó un estudio de aceptabilidad de las diferentes variedades y un estudio nutricional de Boro en el fruto, en plantas que manifestaban diferentes niveles de daño de la variedad Ferragnes, con resultados no concluyentes.

Durante el invierno de 2005, dos unidades sufrieron una importante muerte de plantas, aparentemente asociada a exceso de agua en el suelo a salidas del invierno; en noviembre de

2005 se vio una recuperación notable, ya que todas ellas brotaron. Además, este año se presentó problemas de heladas, perdiéndose la casi totalidad de los frutos en una unidad.

En todo el periodo se realizaron: 5 memorias de agronomía (iniciadas); 4 días de campo, 2 visitas con cursos de agronomía, 4 trabajos a congresos agronómicos, 3 presentaciones del proyecto (2 solicitadas por FIA).

Los problemas más serios, que provoca pérdida de plantas, y que se presentaron en el ensayo, fueron la amenaza permanente de animales (silvestres y domésticos) y el exceso de agua en el suelo a fines de invierno. En la última cosecha se presentó un alto porcentaje de almendras "chupadas" y pelón adherido, parámetros asociados con déficit hídrico que pueda haber afectado a las plantas, y si bien se colectó suficiente información para proyectar el crecimiento de las plantas, contándose también con mayor conocimiento de las variedades y patrones evaluados, se considera necesario continuar con evaluaciones del crecimiento y productividad para efectuar proyecciones objetivas que permitan establecer con mayor propiedad los alcances del proyecto.

III. TEXTO PRINCIPAL

Breve resumen de la propuesta original

La superficie que abarca el secano de las regiones VI y RM corresponde a una gran proporción del suelo, y es principalmente destinada a lentejas, garbanzos, cereales y praderas destinadas a consumo animal. Entre los frutales, el almendro, junto con el olivo y la vid, es una de las especies que se cultiva en secano en otras áreas del mundo que poseen clima mediterráneo, similar al chileno, como son aquellos ubicados en la Cuenca del Mediterráneo. El periodo crítico de requerimiento de agua por parte de esta especie es hasta mediados de noviembre, cuando se termina la división celular del embrión; posterior a esta fecha es menos sensible a la falta de agua. Al respecto, tradicionalmente en el país, el cultivo fue considerado de secano, existiendo a la fecha todavía algunos huertos en esa condición, con materiales vegetativos desarrollados para agricultura de riego, con la excepción del portainjerto almendro, reconocido por su tolerancia a la sequía. Actualmente se dispone de nuevos portainjertos (híbridos almendro-duraznero) muy recomendados para zonas de secano, y de variedades desarrolladas para condiciones de secano, como son las españolas, italianas, etc.

La hipótesis de este proyecto, es que es posible introducir exitosamente el almendro al secano de la zona central, con la incorporación de nuevos materiales vegetativos, y desarrollando un conjunto de prácticas que permitan usar eficientemente el agua disponible para el frutal.

De ser válida esta hipótesis, los agricultores dispondrían de un árbol multipropósito, manejable con mano de obra familiar, con subproductos útiles como la cáscara (combustible); el pelón (alimentación animal); y la leña, lo que deriva en menor presión sobre la vegetación natural del sector. En caso de no acceder a mercados, la almendra constituye una fuente para la elaboración de productos artesanales o de alimentos muy rica en proteínas y energía que estaría disponible para el agricultor y su familia.

Para cumplir esta hipótesis se trazó como objetivo principal: evaluar las variedades y portainjertos que más se adecuan a las condiciones edafoclimáticas que existen en el secano de la zona central, en un proyecto propuesto a 57 meses.

El ensayo proponía 4 unidades experimentales, 2 ubicadas en condiciones de secano en el valle central, (tentativamente Maipú y Malloa); y dos en el secano costero (tentativamente Lolol y San Pedro). Todos corresponderían a ubicaciones de Piedmont, y estarían plantados a una distancia de 8 x 8 m (bajo condiciones del norte de África, se plantan a 10 x 10 m). Los patrones a evaluar serían los híbridos duraznero x almendro GxN 22, GxN 15 y GF677; almendro y Nemaguard, y las variedades: Marcona, Desmayo Langueta, Desmayo Rojo, Nonpareil, Texas, Tuono, Supernova, y Ferragnes. Se establecerían manejos específicos, como riegos durante el año de establecimiento, plantación en curvas de nivel y control de malezas. El cultivo se evaluaría en cuanto a las condiciones hídricas, desarrollo vegetativo y desarrollo productivo, para proyectar económica y productivamente el desarrollo de la plantación posterior al proyecto.

Con todo esto se buscaba la incorporación de un cultivo rentable al secano, pero con una especie adaptada al secano, y no como en la mayoría de los casos, donde se han incorporado cultivos de riego en la zona del secano, basados en el aprovechamiento de fuentes de agua disponibles, principalmente en el subsuelo. Por el contrario, esta iniciativa buscaba, dentro del rubro frutícola, el aprovechamiento de los recursos disponibles, sin mayor incorporación de tecnología, que la introducción de nuevos materiales vegetativos.

Objetivos del proyecto

General

Introducir el almendro como un árbol multipropósito en el secano de las regiones VI y Metropolitana, haciendo uso de materiales vegetativos no evaluados en el país, y de un manejo que garantice la conservación del agua en el suelo.

Específicos

- 1.-Evaluar alternativas de portainjerto para almendro bajo condiciones del secano de las regiones VI y Metropolitana
- 2.-Evaluar las variedades más apropiadas para el cultivo del almendro en el secano de las regiones VI y Metropolitana.

Con los antecedentes obtenidos en los objetivos 1 y 2

- 3.- Valorar el proceso productivo asociado a la incorporación del almendro como árbol multipropósito del secano de la zona central.
- 4.- Difundir las potencialidades técnicas y económicas de la introducción del almendro en condiciones de secano de la zona central de Chile.

Justificación del proyecto

De acuerdo al último Censo Agropecuario (1997), Chile posee en la actualidad 5.752 ha de almendros plantados entre la III y IX Región, destacando en primer lugar la Región Metropolitana con 2.797 ha, y la Sexta Región con 1.902 ha, lo que representa al 48,6% y 33,0%

de la superficie total. Estas 1.902 ha corresponden a 173 explotaciones en las que 544,4 ha están ocupadas por árboles en formación y 1.357,9 por árboles en producción.

La especie es de floración muy temprana, pero el hecho que estas regiones ocupen la mayor superficie de hectáreas plantadas con almendros, indica que las condiciones climáticas, en los lugares en que está plantado, les son favorables, y hace pensar en que es posible introducir este frutal bajo condiciones climáticas similares o incluso más favorables, como son algunas áreas del secano costero o secano interior en áreas abrigadas, en forma no tradicional (con menos uso de tecnología), implementando su cultivo como un árbol de secano, aprovechando la disponibilidad de materiales genéticos diferentes a los que habitualmente se ocupan en plantaciones de riego, los cuales provienen en su totalidad de programas de mejoramiento californianos, donde el cultivo se realiza bajo condiciones de riego artificial, como en Chile. Al respecto, observaciones realizadas a principios de siglo, indicadas en el manual de Arboricultura Frutal del Instituto Agrícola de Chile (antecesor de la Universidad de Chile), versan textualmente "Los almendros de frutos de cáscara dura son más rústicos, i producen mucho más". Además, agrega " Chile se presta mui bien para el cultivo del Almendro. El norte, el centro i centro-sur, en la zona de la costa, donde no hay escarchas de primavera, son los lugares donde conviene plantar almendrales. Además, el almendro no soporta los riegos abundantes. En muchas partes puede vejetar de rulo o solo con uno o dos riegos de verano. Cultivado así, produce mucho i dura largo tiempo. Chile podría y debería ser un gran productor de almendras, si se utilizaran los faldeos, lomas i quebradas de la zona de la costa que son tan apropiadas para el cultivo del Almendro".

Como se puede apreciar en el párrafo precedente, se reconocen varios hechos que tienen que ver con esta propuesta: 1) se reconoce que materiales de cáscara dura, como los propuestos en este proyecto, son más rústicos; 2) Existen condiciones más benignas, relativo a heladas, en las áreas de la propuesta; y 3) las áreas susceptibles de cultivar son las quebradas y laderas, lo cual significa menor incidencia de anegamientos que derivan en pudrición del cuello, y mayor aporte hídrico.

Los materiales genéticos que se propone introducir se basan en los portainjertos híbridos entre duraznero y almendro, y el propio almendro, todos reconocidos por su resistencia a la sequía, siendo los primeros de características de vigor y resistencia a problemas sanitarios del suelo superiores. Respecto de las variedades, se dispone de material, ya sea introducido por el postulante o por la Universidad de Chile, específicamente el Centro Repositorio Frutal, al que el postulante tiene acceso por ser institución asociada en el Proyecto FONDEF DI2030, y corresponde a material genético seleccionado en zonas donde el cultivo se realiza tradicionalmente de secano, como son el sur de Italia (Puglia) y España. La introducción propuesta no sólo significa la introducción de materiales genéticamente nuevos, sino que incorpora otros elementos que se visualizan como importantes para obtener los resultados esperados, como: la selección de los lugares de plantación; el control de malezas tecnificado; plantación en curvas de nivel, etc.

Una característica muy diferente que presentan las variedades que se propone incorporar, respecto de las variedades tradicionalmente cultivadas en el país, es la dureza de la cáscara. Las variedades propuestas presentan cáscara dura o semi-dura, en cambio, las otras presentan cáscara

blanda (papel) o semi-blanda. Esto determina rendimientos de pepa menores, entre 25-30%, respecto de 40 a 60 % de las variedades californianas. Sin embargo, si las variedades son comparadas por su peso de semilla, se verifica que no existen diferencias e, incluso, en algunos casos se citan pesos mayores para las variedades propuestas.

Otra característica favorable que presentan, en general, muchas de las variedades propuestas, es la floración más tardía, aunque dos de las variedades importantes la presentan en un periodo similar a Nonpareil (Marcona y Desmayo Largueta). Esta característica es debido a que en España, una de las limitantes importantes del cultivo son las heladas primaverales, existiendo a la fecha materiales seleccionados por estas características. También en Chile, de acuerdo a estudios de la Universidad Católica, una de las limitantes importantes serían las bajas temperaturas, durante o cercanas a floración, lo que determina menores porcentajes de cuaje que en California. Sin embargo, los mismos investigadores han logrado aumentar exitosamente el porcentaje de cuaje, mediante aplicaciones de hormonas. Por ello, el hecho que existan variedades que florezcan más tarde puede representar una ventaja, pues enfrentarían, por lo general, mejores condiciones de temperatura ambiental, favoreciéndose el cuaje. Paralelamente, si el desarrollo de la almendra toma el mismo periodo podría significar una desventaja, pues acortaría el periodo de disponibilidad de agua.

Fisiológicamente, este frutal, a diferencia de otros frutales de carozo, presenta su parte comestible y de interés comercial en la semilla, por lo tanto, la segunda fase de desarrollo del pericarpio, que no se lleva a cabo en esta especie, no es relevante desde el punto de vista del desarrollo de la parte comestible, como lo es en otros frutales. A su vez, el desarrollo de la parte comestible (semilla) se verifica muy temprano en su fase de división celular, fase que es susceptible al déficit hídrico, y que termina entre inicios y mediados de noviembre. Posteriormente, el crecimiento es básicamente aumento en peso seco de la semilla, proceso que presenta mucho mayor tolerancia al déficit de agua.

Respecto de la disponibilidad hídrica en la zona propuesta, el aporte de precipitaciones se reduce a partir de septiembre, comenzando a disminuir la disponibilidad de agua en el suelo, aunque a esa fecha la vegetación que ha desarrollado el árbol es todavía reducida. La principal competencia por el recurso escaso son las malezas, debiendo ser eliminadas en cuanto la demanda exceda a la oferta, o sea, cuando la evapotranspiración supere al aporte de las precipitaciones.

Desde el punto de vista comercial la almendra es un producto que no tiene grandes problemas de comercialización por tratarse de un fruto seco de larga duración, cuyo consumo ha aumentado a través de los años como consecuencia de mejores ingresos y cambios de hábitos de consumo. Además, se puede vender con un mayor valor agregado al producto, como confites, almendras saladas, mazapanes, combinado con otros productos, como aceitunas rellenas, etc.

Si bien en los últimos años el precio de la almendra ha experimentado una disminución, producto de mayor producción de Estados Unidos, actualmente alcanza valores de 2,5 dólares por kilo, habiéndose llegado algunos años atrás a cerca de 4 dólares por kilo. Con la introducción propuesta, y considerando una producción de sólo un 25% del promedio nacional (promedio nacional 1.200 kg de pepa/ha), o sea 300 kg/ha, y con un precio de mercado de U\$ 3/kg de pepa,

se obtiene un ingreso de \$ 540.000/ha, valor muy superior a lo que el agricultor obtendría con los cultivos que se realizan en el sector. El rendimiento que se propone alcanzar es similar al que se obtiene en el sur de España y en el norte de África, bajo condiciones de cultivo de secano (IRTA, España). Paralelamente, el manejo de este cultivo se puede realizar con el trabajo aportado por los miembros pertenecientes al grupo familiar, no requiriendo la urgencia que demanda cualquier otro de los frutales. Adicionalmente, crea la necesidad en el sector, o en los mismos agricultores, de generar servicios adicionales, como la crianza de abejas para la polinización, o el desarrollo de productos artesanales en base a almendra, incorporando mayor población a la cadena de valor.

Metodología y procedimientos

Unidades experimentales

El ensayo contempla la plantación de 4 unidades experimentales, de aproximadamente 1 ha cada una. Dos de ellas estarían ubicadas en una condición más extrema, en condiciones de secano en el valle central, específicamente en Maipú (Rinconada de Maipú, terreno de la Universidad de Chile) y en Cantarrana, Comuna de Malloa. Los otros dos estarán ubicados en el secano costero o secano interior, en la localidad de Panamá (Propiedad del agricultor Ignacio Nuñez), y en las cercanías de San Pedro, camino al Lago Rapel (Propiedad de la Sociedad Inmobiliaria Los Corralillos Ltda.).

En todos los casos se le dará especial importancia a la ubicación topográfica de las unidades, eligiéndose ubicaciones de Piedmont o en pequeñas quebradas, donde se esperaría mayor flujo de agua de escurrimiento y de aquella que fluye en forma interna del suelo.

En caso de no poder obtener esta condición en algunos de los casos, se recurrirá a condiciones bajas de suelos profundos, sin limitaciones de drenaje, por las limitaciones que presentan algunos de los portainjertos, en cuanto a resistencia a patógenos del suelo inducidos por la humedad de éste.

La selección de estas unidades era una de las primeras actividades del proyecto, pues se debía conjugar diferentes factores: aptitud del terreno como profundidad, pendiente, etc; dimensión de la unidad; capacidad de ejecución y cuidado por parte de los agricultores; aislamiento; capacidad y disposición para capturar información climática; etc. Asimismo, se pondría especial interés en el tamaño del agricultor, o liderazgo que ejerzan en la comunidad, prefiriéndose aquellos pequeños o que se caractericen por ser un buen polo para mostrar el nuevo conocimiento.

Distancia de plantación

La especie se planta en condiciones de riego a distancias entre 4x4 a 6x6 m. Bajo condiciones de secano absoluto en el norte de África se plantan a 10x10 m. En zonas de secano con riego mínimo en España se plantan a 6x4 m. Dado que en condiciones de secano la planta se vería limitada por agua, se propuso una distancia de 8x8m, de manera que cada árbol disponga de mayor cantidad de suelo explorable. A pesar que los portainjertos propuestos en los ensayos son muy vigorosos, dada la condición hídrica limitante, no se espera que exista una cobertura total

del terreno, pero sí una disponibilidad suficiente para sustentar la cosecha objetivo de 300 kg de pepa/ha

Portainjertos y variedades

Los patrones a usar serían los híbridos duraznero x almendro GxN 22, GxN 15 y GF 677, almendro y Nemaguard, este últimos a modo de testigo, que validen la introducción propuesta. Respecto de variedades se usarían las variedades de origen español Marcona, Desmayo Langueta y Desmayo Rojo; las americanas Nonpareil y Texas, (a modo de testigo); las variedades italianas Tuono y Supernova; y la de origen francés Ferragnes.

Los patrones de la línea GxN (Garfi x Nemared) son de origen español y se caracterizan por ser resistentes a todos las razas del nematodo *Meloidogyne*. Por el contrario, GF677 es de origen francés y es susceptible a todas las razas de *Meloidogyne*. En ensayos españoles indican que por su vigor resultan especialmente interesantes para ser introducidos en condiciones de secano.

La proveniencia de los portainjertos será de planta in vitro para aquellos portainjertos clonales, y de semilla para Nemaguard y almendro (se usará almendro amargo, del cual ya se encontraban las semillas colectadas). La producción de las plantas necesarias para el ensayo, significaba, junto con la selección de las unidades, las primeras actividades del proyecto, y duraría todo el primer año.

Respecto de las variedades, muchas se han seleccionado, en su lugar de origen, por su característica de floración tardía, dadas la importancia de este factor en las zonas interiores donde se cultiva el almendro en España. Las fechas de floración se indican en el Cuadro 1.

Si bien el rendimiento de pepa a simple vista parece bajo, proporcionalmente a las variedades americanas, el peso de nuez es superior a Texas, como se observa en el Cuadro 2. Asimismo, algunas de ellas, como Marcona o Desmayo Langueta, tienen un contenido se aceite excepcionalmente alto, cercanos al 50%, cuando para otras variedades se citan valores cercanos al 43%. También, la última citada, se considera excepcional por su gusto, y por la facilidad con que se pela en el producto tostado.

Las características de algunas de las variedades empleadas se pueden observar en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Fechas de floración relativa para almendras cultivadas en Zaragoza, España.

Variedad	Febrero			Marzo		
	1ª dec.	2ª dec.	3ª dec	1ª dec.	2ª dec.	3ª dec
Desmayo Langueta	*****					
Marcona	*****					
Nonpareil	*****					
Texas	*****					
Tuono	*****					
Ferragnes	*****					
Ferraduel	*****					

Cuadro 2. Características de algunas de las variedades usadas en el ensayo.

Variedad	Dureza	peso nuez (g)	Frutos dobles (%)	Rendimiento (%)
Tuono	dura	1,8	10-2030-35
Ferragnes	dura	1,7	0-2026-28
Texas	semiblanda	1,1	15-2040-50
Desmayo	dura	0	24-28
Marcona	dura	024-27

Manejos específicos

Se considera que algunos aspectos de manejo deberían ser manejados de manera especial para garantizar el máximo aprovechamiento del agua de lluvias.

Riegos al establecimiento.

Se estimaba que el primer año, durante el establecimiento, debería colocarse especial atención a este factor, por ello es que se consideraron riegos cada 15 días durante el primer año. Ellos se darían con agua que debe trasladarse a la plantación, y se estima en 40 L de agua por riego. Esta labor fue considerada sólo pensando en evitar la pérdida de plantas y asegurar el establecimiento, pues se esperaba que del segundo año en adelante la exploración natural de raíces debía proveer el agua suficiente.

Plantación en curvas de nivel.

Dado que la plantación se realizaría en piedmonts, se esperaba que haya escurrimiento superficial al momento de las lluvias, por ello es que la plantación se realizaría en curvas de nivel, que unían las tazas de plantación (1,2 m de diámetro) que tendrían las plantas; con esto se esperaba aumentar la infiltración en caso se aumentara la intensidad de la precipitación. Para evitar problemas radiculares, las tazas se construirían de tal manera que el agua de riego no alcanzara el cuello de la planta.

Control de malezas.

Se esperaba que las malezas fueran las principales consumidoras del recurso hídrico, a su vez, debía evitarse la erosión provocada por la lluvia en las laderas. Por ello se estimaba que lo más apropiado era controlar las malezas tarde en invierno, o a inicios de primavera, en el momento que la pérdida por evaporación del suelo aumentase. El control de malezas se haría sobre malezas establecidas, con herbicidas sistémicos, específicamente glifosato. De esta manera quedaría una cubierta de material seco que evitaría la erosión por parte de lluvias tardías.

Otros manejos.

Otros manejos de la plantación se asociarían a lo normalmente realizado en condiciones de riego. En principio sólo se consideraron fertilizaciones de nitrógeno, eventualmente boro, por la naturaleza de los suelos. Respecto de aspectos sanitarios sólo se aplicaría en la medida que se

requiriera, pues se pretendía que el cultivo se realizase bajo condiciones de poca demanda por recursos.

La fertilización con nitrógeno se realizaría con dosis crecientes durante los diferentes años. El primer año se fertilizaría con 20 g por riego, hasta mediados de diciembre (100 g en total). Del segundo año en adelante se haría de una sola vez en agosto, incorporando 200, 400 y 600 g de urea por árbol. Se realizaría análisis de tejidos a partir del 3 año, al inicio de crecimiento del embrión, estableciendo criterios de comparación, en el mismo estado, con plantaciones conocidas creciendo bajo condiciones de riego. El uso de fechas no tradicionales se prefería, a pesar de no ser lo más recomendable, pues el análisis de plantas con estrés hídrico a mediados de verano podía resultar en un diagnóstico erróneo.

Diseño de las unidades experimentales

Cada unidad experimental (localidad) que se ocupara sería idéntica. En cada localidad se establecería dos ensayos, el primero orientado a determinar el efecto de los portainjertos, el otro destinado a la evaluación de las variedades.

Ensayo de portainjertos. Este consideró 2 variedades con los 5 portainjertos. Las variedades serían Tuono (autocompatible) y Ferragnes, variedad autoincompatible, de floración en el periodo de Tuono. Cada combinación sería replicada en 6 árboles. El diseño del ensayo correspondía a bloques, los que corresponderán a diferentes posiciones en la ladera. Total de árboles 60 (0,38 ha).

Ensayo de variedades. Este consideraba las ocho variedades indicadas con 2 portainjertos: GF677 y GxN 15. Ambos, por su característica de híbridos de alto vigor, se estimaban como los más apropiados para la condición proyectada. Cada combinación sería replicada en 6 árboles. El diseño del ensayo correspondía a bloques, los que corresponderían a diferentes posiciones en la ladera. Total de árboles 96 (0,61 ha).

Una vez definido los sitios donde se establecieran los huertos se procedería a cercarlos, para evitar daños, principalmente causados por animales.

Evaluaciones

Las evaluaciones se referían a 3 aspectos: desarrollo vegetativo, desarrollo productivo y balance hídrico. Con los dos primeros se pretendía proyectar económica y productivamente el desarrollo de la plantación posterior al proyecto.

Condiciones climáticas. En todos los lugares de estudio se llevaría algún tipo de registro de las condiciones climáticas. En dos de ellos se llevaría a cabo un registro de temperatura y humedad mediante dispositivos automáticos. Paralelamente, se exploraba la posibilidad de complementar esta información con datos de pluviometría y evaporación, mediante pluviómetros y bandejas de evaporación confeccionadas artesanalmente.

Balance hídrico

En relación al balance hídrico se realizaría un seguimiento de la disponibilidad de agua en el perfil del suelo, y una evaluación de los aportes (precipitación), en las dos unidades restantes de experimentación.

En el primer lugar de experimentación se evaluaría evaporación mediante bandeja de evaporación clase A, registros de temperatura y humedad con registradores automáticos, y pluviometría mediante pluviómetro. Paralelamente se llevaría un registro con bandejas de evaporación artesanales (confeccionada con tambores de 200 L de capacidad), con el objeto de calibrarlas para su posible incorporación a otros lugares de experimentación.

En la segunda localidad seleccionada se evaluaría evaporación mediante una estación meteorológica, con registros automáticos de temperatura y humedad, y pluviometría mediante pluviómetro.

Disponibilidad de agua en el suelo. En dos unidades de observación se caracterizará el suelo, en sus diferentes horizontes, en relación con su contenido de agua v/s tensión (curva característica), con la finalidad de calibrar la observación que se realizará en función del tiempo.

Evolución de la humedad del suelo. Se realizaría en dos unidades experimentales, caracterizando los perfiles de humedad cada 7 días en la primavera y cada 15 o 21 días en el verano. Para ello se instalarían tubos de acceso cada 1 m desde el centro del árbol, los que servirían para determinar el contenido de humedad en seis alturas diferentes mediante un equipo PRI GD-02 (Delta T Devices), mediante una colección manual de datos con una unidad HH2. Cada distancia se repetiría 2 veces en cada unidad, en árboles pertenecientes a una misma combinación patrón injerto (portainjerto híbrido durazno-almendro)

Desarrollo vegetativo.

Se realizarían las siguientes evaluaciones:

Crecimiento de brotes. Se evaluaría quincenalmente el largo de brotes en dos brotes seleccionados por árbol, durante todos los años del estudio, en aquellas unidades en que se realizara el seguimiento de la condición hídrica. Al final de cada año se medirían 2 brotes terminales en todos los árboles del ensayo.

Peso de la poda. Se evaluaría al término de cada año de crecimiento en todos los árboles del ensayo.

Incremento de área de sección transversal de tronco (ASTT). Se evaluaría al término de cada año de crecimiento en todos los árboles del ensayo, para lo cual se mediría el diámetro de los árboles desde el inicio de éste.

Expansión de la copa. Una vez plantados los árboles, se evaluar quincenalmente el grado de cobertura de la planta, durante todos los años del estudio, en aquellas unidades en que se realiza el seguimiento de la condición hídrica. En el resto de los árboles se evaluaría una vez al año, cuando el desarrollo de la vegetación fuese máximo, cuando se detuviera el crecimiento vegetativo. Esto se efectuaría evaluando el área sombreada a mediodía solar. Para ello se imprimiría una grilla cada 10 cm sobre una sábana de género; el porcentaje de cobertura se establecería como el porcentaje de contactos en las intersecciones de la grilla (fuente: Terence Robinson, Universidad de Cornell). El método se calibraría mediante una barra quantum.

Expansión radicular. En los árboles que resultasen con la mejor adaptación, se observaría el crecimiento alcanzado por la raíz al final del ensayo, como una medida de la cantidad de suelo explorado en los 4 años, y proyectar la expansión de crecimiento vegetativo para los años siguientes al proyecto.

Desarrollo productivo

El desarrollo productivo comprendía la evaluación de flores y frutos durante los años de estudio. Se estimaba que durante del 3º año del proyecto podrían evaluarse los primeros frutos, en un número muy limitado. Por ello se evaluaría:

Fecha de floración de las diferentes variedades. Identificándose el inicio de la floración, plena flor y caída de pétalos

Cuaje. La cual se expresaría como la proporción de flores que forman fruto, una vez finalizadas las caídas naturales

Desarrollo del fruto. Estableciendo momentos clave como, inicio y término del crecimiento del embrión. Durante los primeros años se compararía el largo del desarrollo de la pepa, bajo condiciones de riego, en las variedades disponibles en los huertos de planta madre de la empresa postulante.

Características de la almendra. Las almendras se evaluarían en cuanto al peso de la pepa, la relación pepa/almendra con endocarpio y el porcentaje de almendras dobles, y características de éstas.

Producción por árbol. El último año de ensayo se evaluaría frutos/árbol, kilos/árbol y kilos por cm^2 de ASTT.

Proyección del crecimiento

Al término del proyecto, se proyectaría los resultados alcanzados a un plazo mayor de tiempo, además de realizar un estudio económico con los resultados reales del proyecto. Esta proyección del crecimiento, se realizaría considerando el crecimiento en ASTT (se esperaba que, como en otras especies, éste se comportase en forma lineal); y la productividad en kg/cm^2 de ASTT. En caso de no encontrar valores representativos de productividad de recurrirá a estimaciones con valores de literatura, o evaluaciones realizadas en plantaciones de riego, debidamente ponderadas. Estas estimaciones deberán hacerse tomando en cuenta factores como el grado de cobertura alcanzado, la expansión del crecimiento radical, etc.; todos valores obtenidos como producto del proyecto.

Análisis estadístico

El diseño experimental de cada ensayo, como ya se indicó, correspondía a uno en bloques con 6 repeticiones por tratamiento. Para detectar diferencias entre tratamientos los resultados se someterían a Análisis de Varianza (ANDEVA), y donde se detectasen diferencias éstas se separarían mediante el test de Duncan. Para aquellas comparaciones en que se desease integrar la información proveniente de diferentes localidades, respecto a variables como precipitación, crecimiento, etc., ésta se analizaría mediante correlaciones y regresiones.

Cumplimiento de los objetivos del proyecto

Este proyecto fue proyectado a 5 años, con el objetivo general de introducir el almendro como un árbol multipropósito en el secano de las regiones V y VI, haciendo uso de materiales vegetativos no evaluados en el país, y de un manejo que garantice la conservación del agua en el suelo; el grupo objetivo del proyecto es pequeños agricultores, que hagan uso de mano de obra familiar, con un cultivo de alto valor, que demandaría poco cuidado (aparte de conservar el agua en el suelo) y con una gran capacidad de conservación del producto. Dentro de los objetivos específicos del proyecto están el evaluar alternativas de portainjerto y variedades para el cultivo de la especie bajo condiciones de secano, haciendo uso de materiales de origen principalmente europeo, a diferencia de lo que actualmente se realiza en el país en el cultivo de esta especie. Con los antecedentes obtenidos de estos dos objetivos se plantearon dos objetivos adicionales: valorar el proceso productivo asociado a la incorporación del almendro como árbol multipropósito del secano de la zona central y difundir las potencialidades técnicas y económicas de la introducción del almendro en condiciones de secano de la zona central de Chile.

Se demostró que es posible introducir el cultivo del almendro bajo condiciones de secano, con los manejos propuestos; distancia de plantación de 8x8 m, de manera que cada árbol dispusiera de la mayor cantidad de suelo explorable; plantación en curvas de nivel para aumentar la infiltración y así evitar el escurrimiento superficial; el control absoluto de malezas, que tuvo como objetivo garantizar la conservación del agua en el suelo. Se realizaron riegos al establecimiento, sin embargo este punto no fue decisivo en la adaptación de las plantas, ya que hubo plantas que se dejaron sin riego al establecimiento, y lograron satisfactoriamente su adaptación.

Se evaluó variedades de almendro no evaluadas en el país, principalmente variedades de procedencia europea. Estas variedades también se consideran promisorias para agricultura de riego, y el proyecto, en ese sentido, ayudó al inicio de algunas iniciativas comerciales que se iniciaron en riego en este periodo. Específicamente de las variedades se puede indicar: el estado fenológico identificó la floración de Desmayo Langueta como muy temprana y variable en su fecha de floración, y no sería ésta la polinizante de Marcona, como se pensó originalmente; Marcona es una variedad con buenas producciones, lo que la hace muy atractiva, pero de las variedades evaluadas no habría un buen polinizante para ésta; Tuono fue la variedad más productiva, pero posee el problema de presentar un alto porcentaje de almendras dobles, lo que no sería problema si se considerara para la industria de fruta no procesada; Ferragnes presentó daño de gomosis en los frutos, por lo que habría que tomar precaución en los suelos de secano costero, pobres en boro.

Respecto de portainjertos, los híbridos presentaron los mayores valores en las evaluaciones de desarrollo vegetativo, y aunque todos los portainjertos toleraron las condiciones de secano, fueron éstos los mejores evaluados, y de mayor desarrollo.

Si bien el proyecto se ha desarrollado en óptimas condiciones, la pérdida de la producción de dos de las unidades en estudio, por situaciones que fueron imprevistas en la introducción de un frutal en condiciones de secano, sumado a las malas condiciones climáticas del último año para

el cultivo, ha ocasionado una menor cantidad de datos para lograr una proyección aceptable, pues sólo se cuenta con los dos primeros años productivos. Por ello, y si bien se espera generar resultados que muestren que es posible introducir el almendro al secano, éstos sólo representan que es posible establecerlo, pues ya se han determinado varios de los posibles problemas que enfrentaría esta especie al ser plantado en secano. Sin embargo, la falta de información acerca de los aspectos productivos es preocupante, como para difundir masivamente esta información. Al respecto, existen todavía algunos aspectos importantes que resolver, como es la productividad que se puede esperar sin efectos importantes en la calidad, especialmente la proporción de almendras “chupadas”, aspecto que en la última temporada se manifestó en forma importante, especialmente en la unidad de Santo Domingo.

Aspectos metodológicos del proyecto

Unidades experimentales

La elección de los 4 lugares se realizó previa aprobación por parte del supervisor de FIA, considerando:

- Aptitud del terreno: topografía, orografía, etc.
- Capacidad técnica, económica e interés del agricultor para colaborar con la propuesta, y
- Tamaño del agricultor, prefiriéndose agricultores pequeños, o que por su liderazgo, sean un buen polo para mostrar el nuevo conocimiento.

Las 4 unidades experimentales seleccionadas, de aproximadamente 1 ha cada una, fueron:

- San Pedro, localidad cercana a Malloa, Comuna de Malloa, propiedad del agricultor Herne Román, pequeño agricultor, característica importante para la selección, además se está ubicado junto al camino Corcolén-Malloa, con un buen acceso para mostrar el proyecto. La ubicación topográfica es de piedmont. La disposición por parte del agricultor a la ejecución y cuidado de la unidad experimental es excelente. Precipitación cercana a 400 mm.
- Los Robles, Lolol, propiedad de la Sociedad Los Corralillos Ltda. Unidad ubicada en la ladera de un cerro a 800 m.s.n.m en plena Cordillera de la Costa, con precipitaciones de 800 mm al año. El agricultor ha sido uno de los primeros en el rubro forestación de eucalipto y pino en la zona, y por ello muy conocido, ya que ha difundido su trabajo con agricultores de la zona.
- Ex Hacienda Panamá, de propiedad del agricultor Ignacio Núñez; ubicado sobre el camino que une Santa Cruz con Lolol, inmediatamente pasado la Cuesta de la Lajueta, por camino lateral al oriente, 5 km. La unidad se encuentra en la base de la ladera de un cerro, en un suelo profundo. La disposición por parte del agricultor es excelente. Este agricultor era (al momento del inicio del proyecto) productor de fruta, la que depende de agua proveniente de pozos profundos. La localidad presenta una precipitación estimada en 500 mm al año.
- En las cercanías de Santo Domingo, entre esta localidad y Bucalemu. Este sector está a menos de 10 km en línea recta desde la costa, en pleno secano costero, por lo tanto el clima

está muy influenciado por la cercanía del mar. El agricultor, don Christian Hepner, está concentrado en plantaciones de eucaliptus, y posee gran interés para colaborar en el proyecto. Se describió el suelo en cada una de las unidades (figuras 1, 2, 3 y 4). La capacidad de uso de los suelos es: Los Robles: IVE1; Panamá: IIIe1; Santo Domingo IVw2; San Pedro: IVE1.

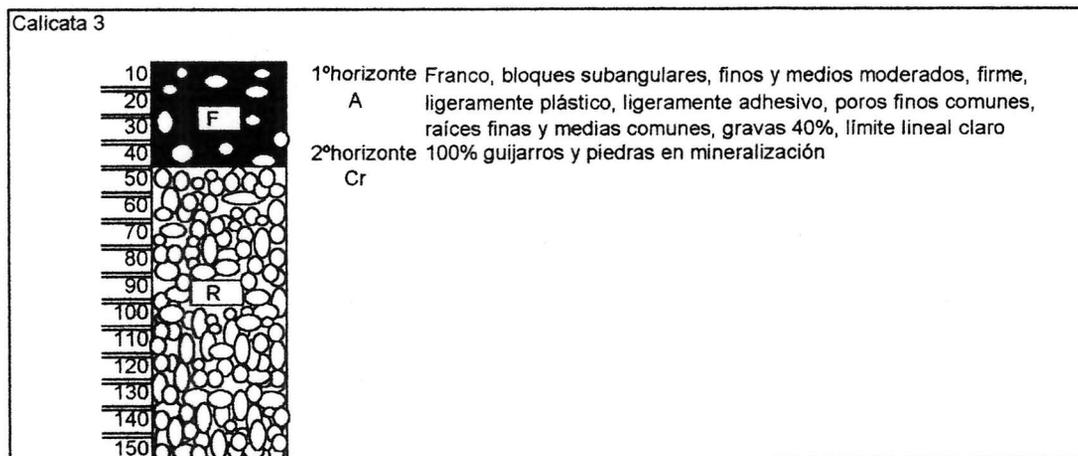
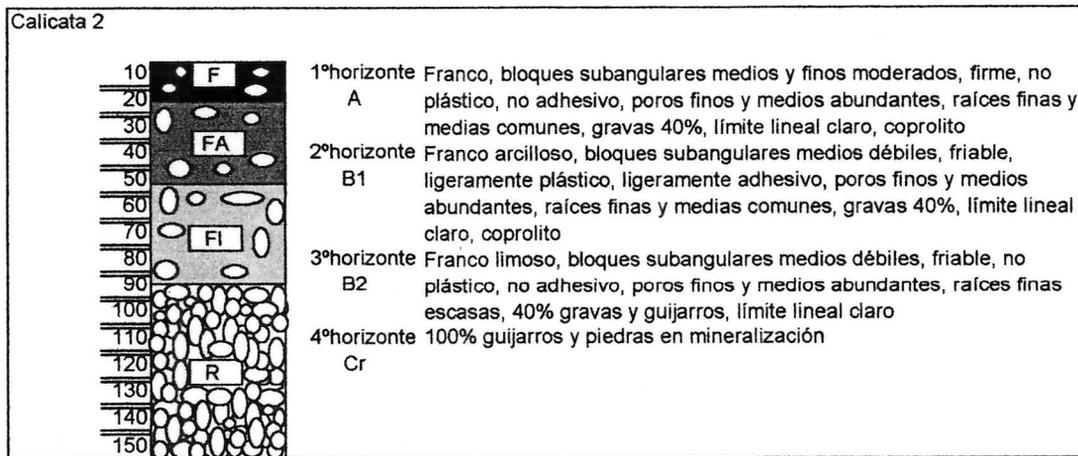
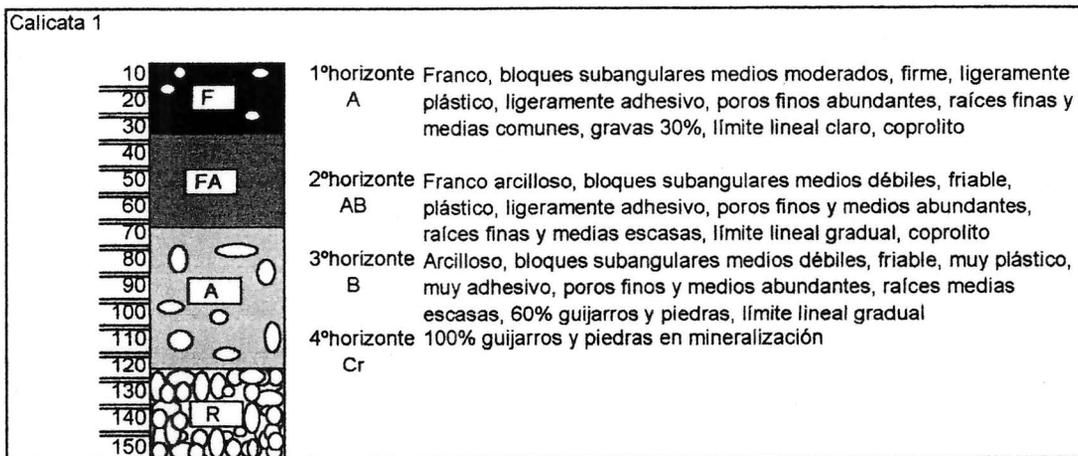


Figura 1. Propiedades de los tres perfiles de suelos evaluados en la unidad de Los Robles. Ubicación de las calicatas en mapas del Anexo 1.

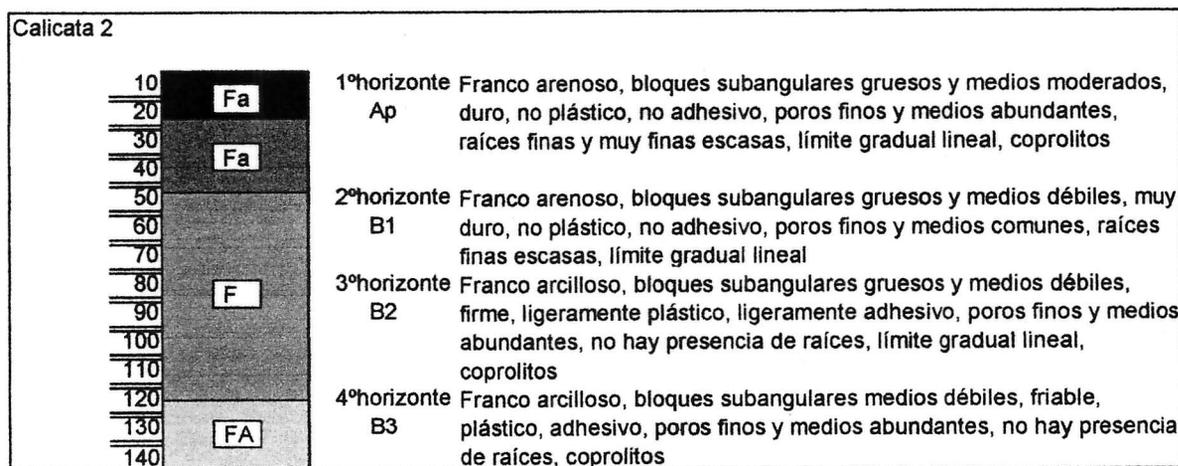
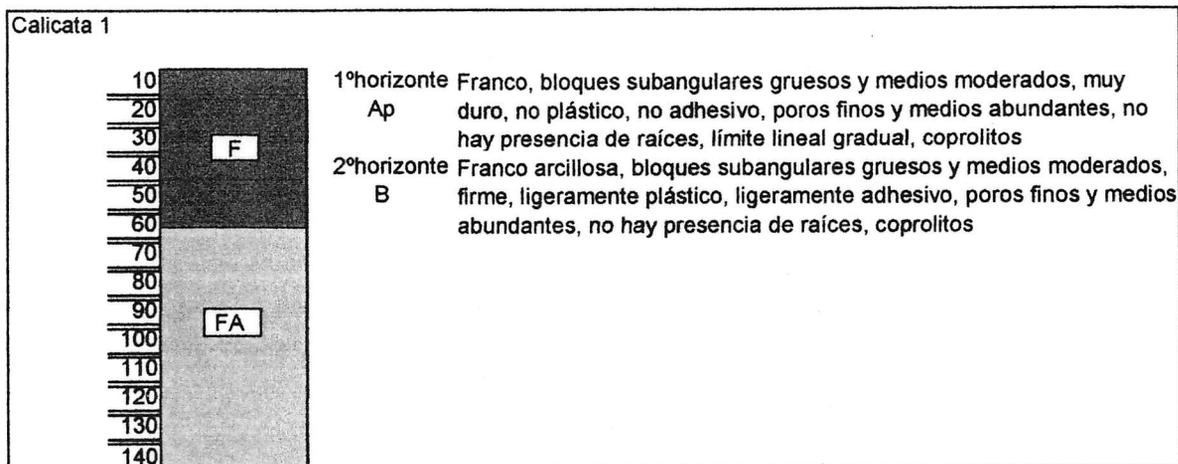


Figura 2. Propiedades de los dos perfiles de suelos evaluados en la unidad de Panamá. Ubicación de las calicatas en mapas del Anexo 2.

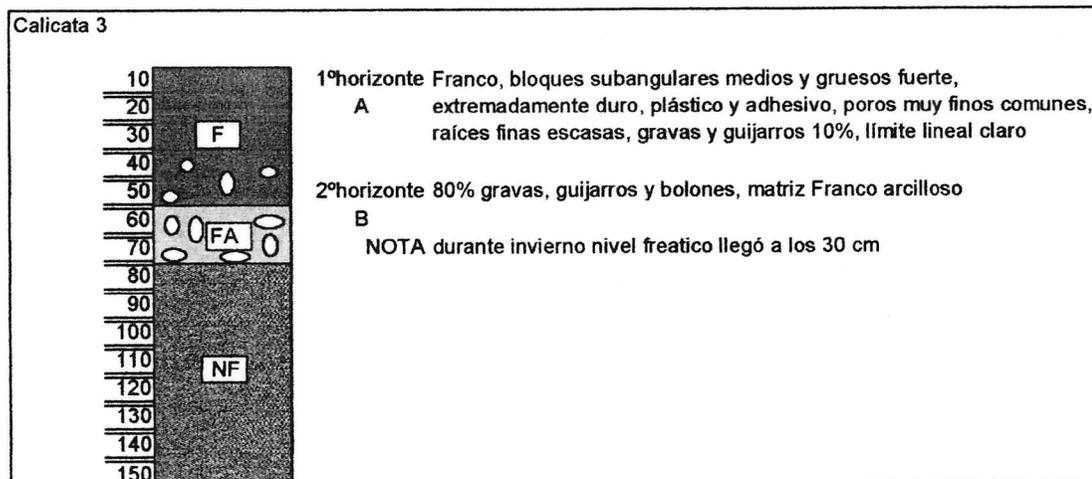
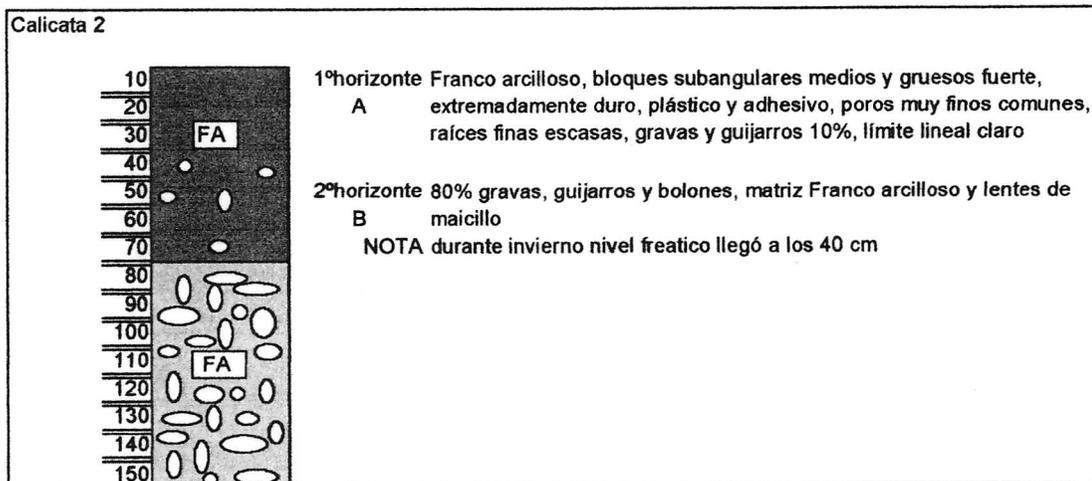
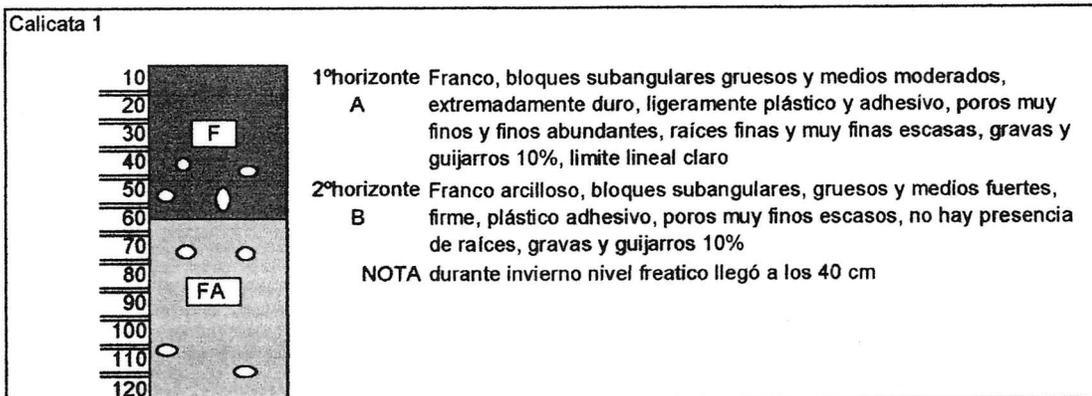


Figura 3. Propiedades de los tres perfiles de suelo evaluados en la unidad de Santo Domingo. Ubicación de las calicatas en mapas del Anexo 3.

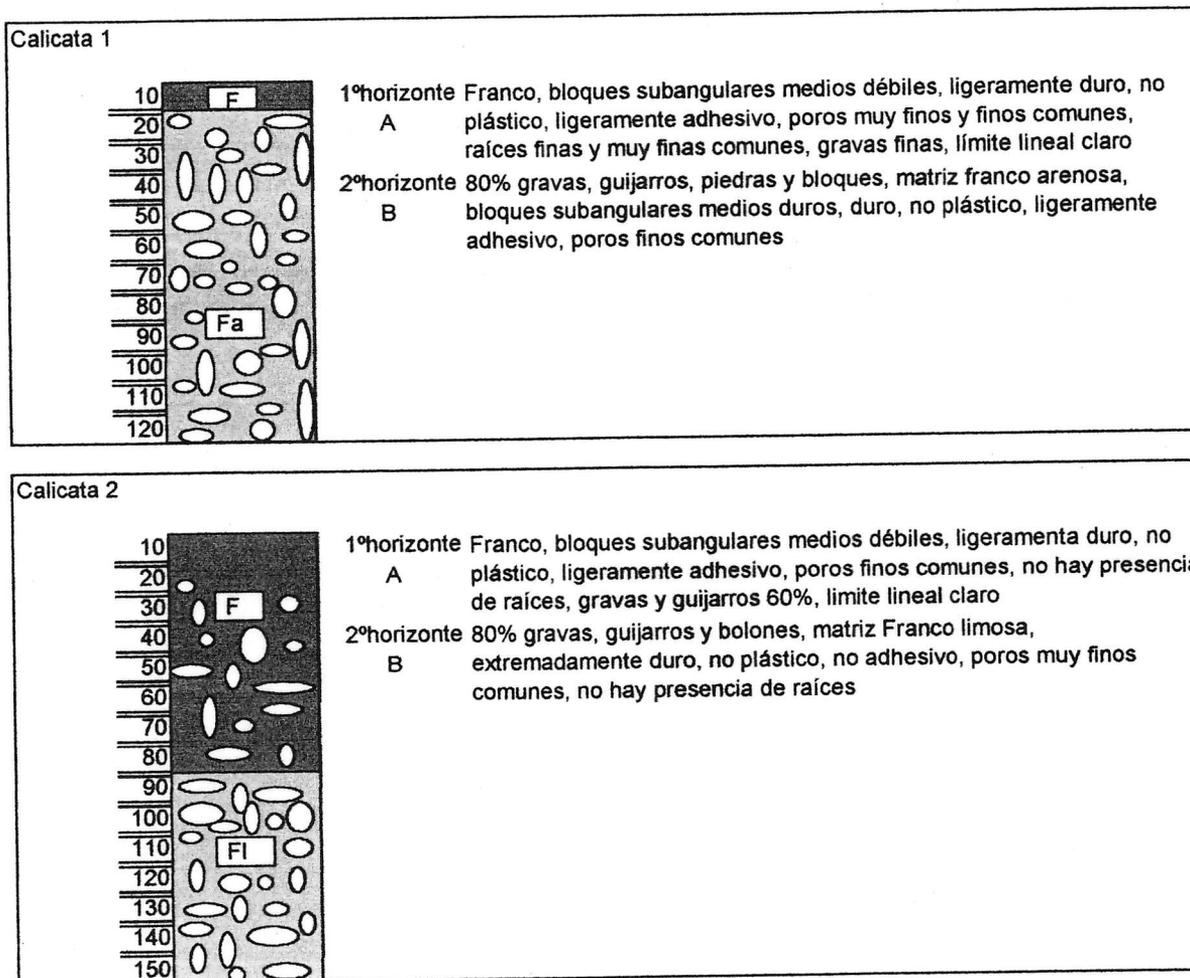


Figura 4. Propiedades de los dos perfiles de suelo evaluados en la unidad de San Pedro. Ubicación de las calicatas en mapas de Anexo 4.

Distancia de plantación

La distancia de plantación utilizada fue de 8x8 m. Se realizó un subsolado sobre la línea de plantación y luego un pequeño camellón. Los hoyos de plantación se distanciaron cada 8 m sobre la curva de nivel, y en aquellos sectores donde las curvas se acercaban, las plantas fueron separadas a una distancia de 7 m mínimo, por lo tanto las unidades no fueron homogéneas en su distribución, sino que siguen en el orden de las curvas de nivel, los hoyos de plantación fueron de 60x60x60 cm. La unidad de Los Robles, dada la experiencia del agricultor, se usó la tecnología usada en la plantación forestal, no respetando las curvas de nivel.

En cuanto a prevención de daños por animales, los cercos se establecieron de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 3. En aquellas unidades donde la probabilidad de que ingresaran animales era alta se utilizó para el cerco malla ovejera, esto fue en San Pedro y Panamá, en las dos restantes se utilizó sólo alambre púa. En todas las unidades se adquirieron postes para los cercos.

Cuadro 3. Material usado en cercos en las diferentes unidades.

Unidad demostrativa	Material usado en cercos			
	Postes	Malla ovejera	Alambre de púas	Varas de madera
Santo Domingo	X		X	X
San Pedro	X	X	X	
Panamá	X	X	X	
Los Robles	X		X	

Portainjertos y variedades

La producción de los portainjertos, GxN 22, GxN 15, GF 677, Nemaguard y Almendro, se inició en mayo del 2001 con la colecta de semillas de almendro amargo; los híbridos provinieron de la empresa Agromillora, a partir de cultivo in vitro; Nemaguard provino de las plantas que normalmente reproduce comercialmente la Empresa. Las plantas se obtuvieron como plantas de ojo dormido. Dado que no existió disponibilidad suficiente de GxN 15, el ensayo de variedades se proyectó con GxN 22, en vez de GxN 15.

Las variedades Marcona, Desmayo Largueta, Desmayo Rojo, Nonpareil y Texas provinieron de material extraído de Univiveros de plantas desarrolladas al aire libre, en cambio, Tuono, Supernova y Ferragnes, de material proveniente de la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile, cuyas plantas se desarrollaban en macetas en invernadero. La injertación se realizó a fines de febrero del 2002. Dado que se presentó problemas con la disponibilidad de material vegetativo proveniente de plantas en macetas, el ensayo de portainjertos, que debía hacerse con Tuono y Ferragnes, lo que demandaba 168 plantas de cada variedad, material que claramente no se disponía, se reprogramó con las variedades Marcona y Desmayo Largueta.

En el Cuadro 4, se presenta la cantidad de plantas producidas por portainjertos y por variedad.

Cuadro 4. Número de plantas producidas en cada uno de los portainjertos.

Variedades	Portainjertos					
	GF 677*	GF 677**	GxN 22	GxN 15	Nemaguard	Almendro
Marcona	18	30	48	26	26	26
Desmayo Largueta	18	30	48	26	26	26
Desmayo Rojo	18	10	36			
Nonpareil	18	10	48			
Texas	18	10	30			
Tuono	24		24			
Supernova	24		24			
Ferragnes	24		24			

* Portainjertos de 1 año; ** Portainjertos de 2 años

Manejos específicos

Riegos al establecimiento

Se realizaron riegos al establecimiento, cada 15 días, 20 L por planta. En la Unidad de Los Robles y Panamá, a sugerencia del ejecutivo FIA, se dejaron plantas sin riego de establecimiento, las que se establecieron en condiciones normales, indicando que esta variable no es fundamental para asegurar el establecimiento de las plantas jóvenes, incluso de plantas de ojo dormido, como fueron las que se plantaron en este ensayo.

Plantación en curvas de nivel

Para el diseño de plantación se realizó un trazado del terreno con curvas de nivel distanciadas a 8 m, éstas se realizaron con una pendiente de 0,5% para la evacuación de aguas lluvias.

Control de malezas

El control de malezas se realizó todos los años, a salidas de invierno, sobre malezas establecidas, con herbicidas sistémicos, específicamente Glifosato, o de contacto, específicamente Farmon. Se dejó una franja de malezas de aproximadamente 1 m entre las curvas de nivel para impedir la erosión del suelo.

Otros manejos

Al hoyo de plantación se aplicó una mezcla de NPK rica en fósforo (12-24-15) y ácido bórico, además de ac. bórico sobre el suelo, bordeando la planta, a una distancia de 30 cm (Cuadro 5). Una vez establecidas, cada una de las plantas se podó cuatro dedos sobre la yema injertada. Se reinjertó de púa aquellas plantas que no se observaron prendidas a inicios de agosto; y nuevamente, de yema, a inicios de octubre.

Cuadro 5. Cantidad de fertilizante por planta, aplicados en cada una de las localidades.

Localidad	Mezcla NPK	Ácido bórico (1)	Ácido bórico (2)
Panamá	100	2	2
Los Robles	100	3	9
San Pedro	100	2	2
Santo Domingo	100	3	9

Al hoyo de plantación se aplicó una mezcla de NPK y ácido bórico (1), se aplicó ácido bórico (2) sobre el suelo, bordeando la planta, a una distancia de 30 cm.

El segundo año, 2003, se aplicó 200 g de salitre sódico (16-0-0), el año 2004 y 2005 se aplicó 300g de salitre potásico (15-0-14).

Diseño de las unidades experimentales

En cada unidad experimental se establecieron dos ensayos, el primero orientado a determinar el efecto de los portainjertos, el otro destinado a la evaluación de las variedades.

Ensayo de portainjertos. Este consideró a las variedades Marcona y Desmayo Largueta con los 5 portainjertos.. Cada combinación fue replicada en 6 árboles. El diseño del ensayo correspondió a bloques en diferentes posiciones en la ladera. Total de árboles 60 (0,38 ha).

Ensayo de variedades. Este consideró ocho variedades: Marcona, Desmayo Largueta, Desmayo Rojo, Ferragnes, Tuono, Supernova, Texas y Nonpareil con 2 portainjertos: GF677 y GxN 22. Ambos, por su característica de híbridos de alto vigor, se estimaron como los más apropiados para la condición proyectada. Cada combinación fue replicada en 6 árboles en un diseño en bloques, los que correspondieron a diferentes posiciones en la ladera. Total de árboles 96 (0,61 ha).

Evaluaciones

Se evaluaron 4 aspectos: condiciones climáticas, desarrollo vegetativo, desarrollo productivo y balance hídrico.

Condiciones climáticas

En cada una de las unidades se llevó un registro de temperatura y humedad, mediante dispositivos automáticos, y de pluviometría y evaporación, mediante pluviómetros, bandejas de evaporación clase A (Los Robles y San Pedro) y medidores de evapotranspiración ET-gage modelo A (Panamá y Sto. Domingo). Estos últimos sólo se utilizaron durante el año 2002, ya que no hubo una adecuada calibración de los aparatos ET-gage, reemplazándose por bandejas de evaporación clase A para las unidades de Panamá y Santo Domingo, en octubre de 2003.

Balance hídrico

Disponibilidad de agua en el suelo. En dos de las unidades (Los Robles y San Pedro) se muestreó suelo para caracterizar sus diferentes horizontes, en relación con su contenido de agua v/s tensión (curva característica). En todas las unidades en estudio se describió el suelo mediante calicatas.

Evolución de la humedad del suelo. Durante el año 2002, en Los Robles, se instaló tubos de acceso para determinar, cada 15 días, el contenido de humedad a 10 alturas mediante un equipo DIVINER 2000; en San Pedro no se instaló la batería de observación, debido al incumplimiento por parte del proveedor de los equipos (faltaban los tubos de PVC) en julio de 2003 se completó la instalación de la totalidad de los tubos de acceso, tanto para Los Robles como para San Pedro, para medir a 10 profundidades y a 5 distancias desde el tronco de la planta. Debido a la realización de la memoria de título de ingeniero agrónomo “Caracterización del desarrollo y de la demanda hídrica de almendros (*Prunus amygdalus* Batsch) ‘Desmayo Largueta’ en secano”, iniciada en el 2004 se implementó, en la unidad de Los Robles, otra batería de tubos de acceso, en una tercera planta, distanciados a 0,5 m desde la planta además se dispuso de 4 tubos más en las dos plantas ya establecidas.

La calibración del equipo en campo se realizó mediante un análisis gravimétrico en seis tubos: dos tubos en condición seca, que se generó con una siembra de maíz; dos tubos en condición húmeda y dos tubos en condición saturada; en cada uno de los tubos se tomaron tres muestras las cuales se pesaron inmediatamente y luego se llevaron a estufa a 105°C por 48 horas; con ello se pudo calcular el contenido de humedad. Además se midió la densidad aparente de cada uno de los horizontes de los suelos. Se realizó una curva de calibración entre el contenido de humedad calculado por gravimetría y el valor de frecuencia que entrega el equipo DIVINER.

Paralelamente se calibró el equipo en condiciones de laboratorio, para lo cual se extrajo suelo de los dos horizontes encontrados, el cual se colocó en un balde de 20 L con un tubo de acceso, compactándolo a una densidad aparente de 1,3

La caracterización del estado hídrico de las plantas se realizó a través del potencial xilemático, mediante bomba de presión, se realizó en las tres plantas sujetas al seguimiento de la condición hídrica, en la unidad de Los Robles. Se midió en cuatro hojas de cada planta, antes del amanecer y a mediodía solar, para lo cual se cubrían, en el árbol, las hojas con plástico y luego con papel aluminio dos horas antes de la medición.

Desarrollo vegetativo

Crecimiento de brotes. Se evaluó el largo de brotes en dos brotes seleccionados, de aquellas plantas en que se realiza el seguimiento de la condición hídrica, ubicadas en la unidad de San Pedro y Los Robles. Al final de cada año se midió 2 brotes terminales en todos los árboles del ensayo.

Peso de la poda. Luego de efectuada la poda de formación, se evaluó el peso de poda de todas las plantas de las unidades en estudio.

Incremento de área de sección transversal de tronco (ASTT). Se evaluó al término de cada año de crecimiento en todos los árboles del ensayo, para lo cual se midió el diámetro de los árboles desde el inicio del ensayo.

Expansión de la copa. Expansión de la copa. Como una forma indirecta de determinar este parámetro, a mediados de febrero de 2004, se evaluó el porcentaje de radiación interceptada por las plantas. Para ello se utilizó un instrumento que permite medir de radiación fotosintéticamente activa (PAR). Este instrumento consiste de una barra de 80 cm, sobre la cual se disponen 8 grupos de 10 sensores cada uno. Para cada uno de estos grupos se obtiene y registra automáticamente el promedio de radiación. Con esta barra se realizó 7 transectos, cada 30 cm, con un total de 28 mediciones, bajo cada planta, se consideró una superficie de 64 m² para el cálculo del porcentaje de radiación interceptada. Todas estas mediciones se realizaron en las plantas en que hizo el seguimiento de la condición hídrica. También, el año 2005, se midió el índice de área foliar de todas las plantas de las unidades demostrativas, mediante el Digital Plant Canopy Imager CI-110, el cual consiste en una cámara con un lente “ojo de pez”, conectado a un software de análisis de cubierta vegetal, que permite registrar por medio de una fotografía el índice de área foliar.

Expansión radicular. La expansión radicular se estimó a partir del consumo de agua, por parte de las plantas sometidas a estudio de balance hídrico.

Desarrollo productivo

Durante los años de estudio se evaluó:

Fecha de floración de las diferentes variedades. Se identificó los diferentes estados fenológicos (Universidad de California, 1985): yema dormida, puntas verdes, yema rosada, botón floral, abertura floral, floración, caída de pétalos y estado de “chaqueta” (Anexo 5).

Cuaje. Se evaluó la proporción de flores que formaron fruto, una vez finalizadas las caídas naturales.

Desarrollo del fruto. Se estableció momentos claves del desarrollo, como inicio y término del crecimiento del embrión. El primer año se evaluó el desarrollo de la pepa bajo condiciones de riego, en 18 variedades disponibles en el arboreto de la empresa.

Características de la almendra. Las almendras se evaluaron en cuanto al peso de la pepa, la relación pepa/almendra con endocarpio, el porcentaje de almendras dobles, “chupadas” y vanas. Además se caracterizó la semilla mediante: largo, ancho y espesor. En el año 2005 se evaluó sensorialmente las diferentes variedades (trabajo presentado en el Congreso Agronómico; Anexo 6).

Producción por árbol. Dado que hubo producción de fruta 2 años antes de lo esperado, se evaluó productividad durante 3 años, en base a frutos/árbol, kilos/árbol y kilos por cm^2 de ASTT.

Proyección del crecimiento

Al término del proyecto se proyectó los resultados alcanzados a un plazo mayor de tiempo, además de realizar un estudio económico con los resultados esperados del proyecto. Esta proyección del crecimiento se realizó considerando el crecimiento en ASTT; y la productividad en kg/cm^2 de ASTT.

Análisis estadístico

Por no contar con todas las repeticiones de los bloques dispuestos en los ensayos, ya sea por muerte al establecimiento del ensayo o bien por otras situaciones posteriores, no se realizó análisis estadístico, sino caracterizaciones de las evaluaciones efectuadas en los ensayos.

Descripción de las actividades y tareas ejecutadas para la consecución de los objetivos, comparación con las programadas, y razones que explican las discrepancias.

Se realizó una calibración de los equipos ET-gage, a fines del 2002, la que mostró resultados muy poco confiables arrojados por este equipo; por ello se adquirió dos bandejas de evaporación clase A, las que fueron instaladas en octubre de 2003.

La humedad de suelo fue evaluada parcialmente hasta julio de 2003, ya que fueron instaladas la totalidad de los tubos de acceso; la calibración del equipo se realizó durante el verano del 2004, pero no fue satisfactoria, ya que no se pudo obtener la condición seca, esta calibración se volvió a hacer en el verano del 2005 en una Memoria de Ingeniero Agrónomo (Anexo 7).

Entre noviembre de 2002 y febrero de 2003 se produjeron plantas para reemplazar aquellas que no prendieron o presentaron algún problema durante el establecimiento, se dejaron en barbecho,

en vivero, y se plantaron a fines de julio de 2003; para las plantas sobre patrón almendro, se recolectaron semillas en marzo de 2003, se estratificaron a mediados de junio de 2003 y se injertaron a fines de febrero de 2004.

Se realizaron en el verano de 2005 actividades no contempladas, tales como: análisis de boro al fruto, evaluación del potencial hídrico de la planta. Estas actividades buscaron complementar los resultados obtenidos.

Paralelamente, se realizó una estimación de horas frío, trabajo que fue presentado en el Congreso Agronómico de 2005 (Anexo 8), y una evaluación organoléptica de las variedades en estudio, que fue presentada en el mismo Congreso.

AÑO 2001					
Objetivo especif. N°	Actividad N°	Descripción	Fecha Término Tarea Programada	Fecha Término Tarea Ejecutada	Estado de avance %
1	1.1	Producción de las plantas sobre portainjertos seleccionados	Mayo 2002	Mayo 2002	100
2	2.1	Producción de las plantas sobre portainjertos seleccionados	Mayo 2002	Mayo 2002	100

AÑO 2002					
Objetivo especif. N°	Actividad N°	Descripción	Fecha Término Tarea Programada	Fecha Término Tarea Ejecutada	Estado de avance %
1	1.2	Selección de lugares plantar	Marzo 2002	Mayo 2002	100
1	1.3	Cercado de unidades demostrativas	Jun.2002	Jul.2002	100
1	1.4	Diseño de las unidades demostrativas	Junio 2002	Jul.2002	100
1	1.5	Plantación de las unidades demostrativas	Junio 2002	Jul.2002	100
1	1.6	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2002	Dic.2002	100
2	2.2	Selección de lugares plantar	Marzo 2002	Mayo 2002	100

2	2.3	Cercado de unidades demostrativas	Jun.2002	Jul.2002	100
2	2.4	Diseño de las unidades demostrativas	Junio 2002	Jul.2002	100
2	2.5	Plantación de las unidades demostrativas	Junio 2002	Jul.2002	90
2	2.6	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2002	Dic.2002	100

AÑO 2003

Objetivo especific. N°	Actividad N°	Descripción	Fecha Término Tarea Programada	Fecha Término Tarea Ejecutada	Estado de avance %
1	1.7	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2003	Nov.2003	100
1	1.8	Recopilación y análisis de la información	Ago.2003	Nov.2003	100
2	2.7	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2003	Nov.2003	100
2	2.8	Recopilación y análisis de la información	Ago.2003	Nov.2003	100
4	4.1	Día de campo	Oct.2003	Nov.2003	100

AÑO 2004

Objetivo especific. N°	Actividad N°	Descripción	Fecha Término Tarea Programada	Fecha Término Tarea Ejecutada	Estado de avance %
1	1.9	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2004	Nov.2004	100
1	1.10	Recopilación y análisis de la información	Ago.2004	Ago.2004	100
2	2.9	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2004	Nov.2004	100
2	2.10	Recopilación y análisis de la información	Ago.2004	Dic.2004	100

AÑO 2005					
Objetivo especif. N°	Actividad N°	Descripción	Fecha Término Tarea Programada	Fecha Término Tarea Ejecutada	Estado de avance %
1	1.11	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2005	Nov.2005	100
1	1.12	Recopilación y análisis de la información	Ago.2005	Nov.2005	100
2	2.11	Evaluación de unidades demostrativas	Dic.2005	Nov.2005	100
2	2.12	Recopilación y análisis de la información	Ago.2005	Nov.2005	100
4	4.2	Días de campo	Oct. 2005	Oct. 2005	100

AÑO 2006					
Objetivo especif. N°	Actividad N°	Descripción	Fecha Término Tarea Programada	Fecha Término Tarea Ejecutada	Estado de avance %
1	1.13	Evaluación de unidades demostrativas	Abril	Abril	100
1	1.14	Recopilación y análisis de la información	Agosto	Mayo	100
2	2.13	Evaluación de unidades demostrativas	Abril	Abril	100
2	2.14	Recopilación y análisis de la información	Agosto	Mayo	100
3	3.1	Proyección del cultivo para años sucesivos	Agosto	Mayo	100
4	4.3	Días de campo	Julio	Julio	0
4	4.4	Elaboración de díptico motivacional con resultados del proyecto	Julio	Julio	0
4	4.5	Charla a técnicos	Agosto		0

Resultados del proyecto

Evaluaciones

Condiciones climáticas

Temperaturas. Las unidades de San Pedro y Panamá presentaron, durante todos los años, mayor temperatura media (15,8°C y 14,7°C respectivamente), que las unidades de Santo Domingo (14,3°C) y Los Robles (13,7°C); estas últimas presentaron una menor oscilación térmica (Anexos 9 y 10).

Mediante el trabajo “Caracterización de la floración en ocho variedades de almendros”, se estimó que el requerimiento de unidades de frío de las diferentes variedades sería de alrededor de 400UF, las que contabilizadas a partir del 15 de abril, se cumplirían en las fechas que se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Fechas en que se acumulan 400 UF en las cuatro unidades demostrativas.

Año	Unidades demostrativas			
	Los Robles	Panamá	San Pedro	Santo Domingo
2004	20 mayo	02 junio	31 mayo	06 junio
2005	25 mayo	*	*	05 junio
2006	01 junio	16 junio	18 junio	12 junio

*sin datos

Precipitación. En la Figura 5 se presentan las precipitaciones acumuladas de todas las unidades demostrativas, durante todos los años de estudio. Las unidades de Los Robles y Santo Domingo presentaban mediciones durante el 2002, año lluvioso que ayudó a la adaptación de las plantas en el año de establecimiento. Los siguientes años de estudio, el 2003 y 2004, fueron años de menor precipitación. Por el contrario, las altas precipitaciones durante el 2005, específicamente en la unidad de Los Robles, unido a las características del suelo, generaron suelos saturados que provocaron la muerte de plantas.

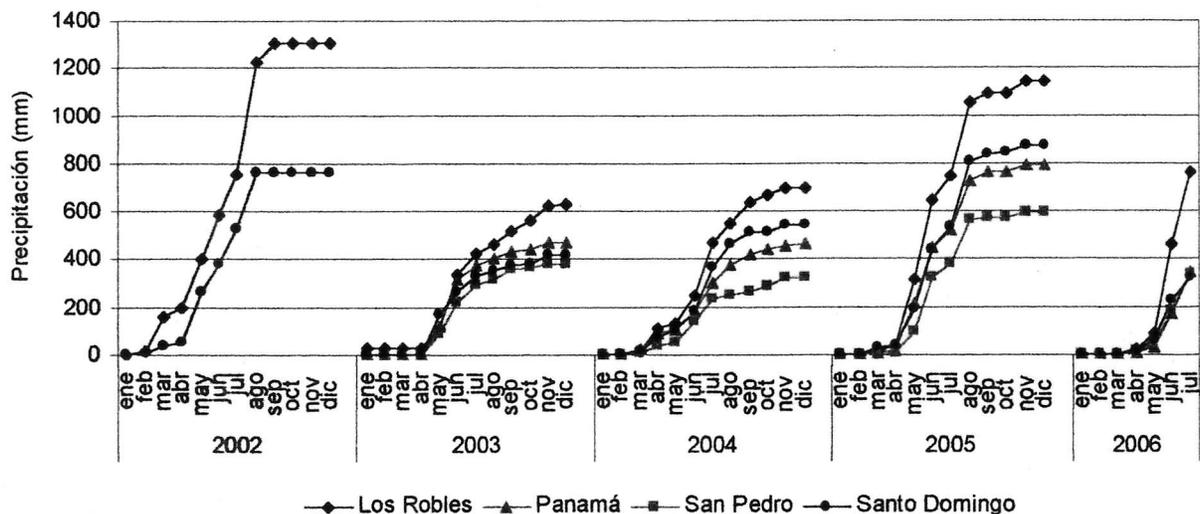


Figura 5. Precipitaciones acumuladas (mm) en las cuatro unidades demostrativas, para todos los años de estudio.

Evapotranspiración. Se realizó una calibración, en noviembre de 2002 y marzo de 2003, entre los equipos que median evaporación: bandeja clase A y Et-gage y bandeja artesanal, confeccionada con la mitad de un tambor de aceite. Las correlaciones obtenidas entre los diferentes instrumentos fueron nulas, como puede apreciarse en la Figura 6 y Figura 7. Por esta razón se decidió incorporar dos bandejas de evaporación clase A para la unidad de Santo Domingo y Panamá, las cuales se instalaron en octubre de 2003. En la Figura 8 se muestra la evaporación potencial para todas las unidades demostrativas, no existiendo mucha diferencia entre unidades, durante enero la evaporación fue de 150 mm/mes en promedio.

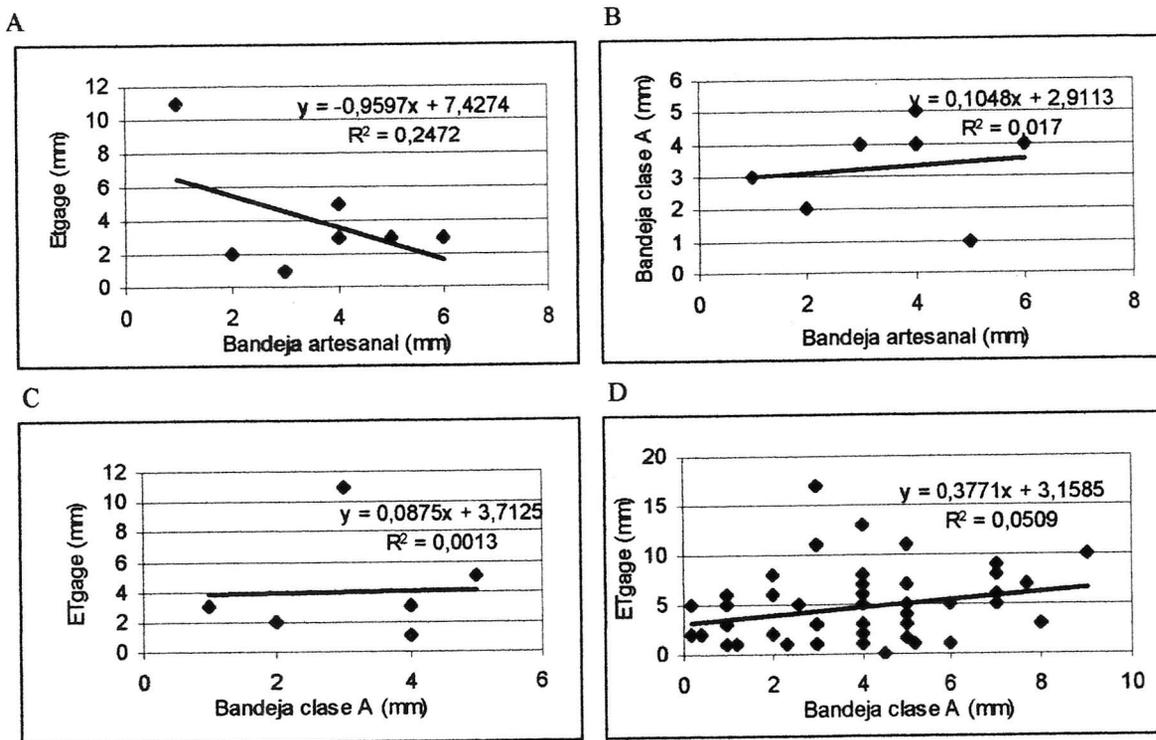
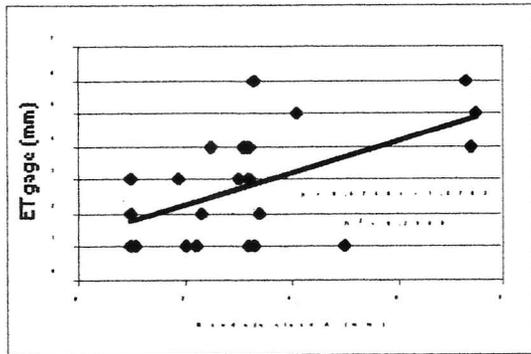
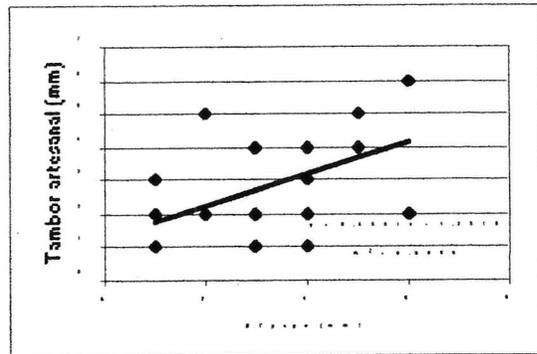


Figura 6. Correlación entre los equipos de evapotranspiración (50 días, noviembre de 2002). A) entre ETgage y la bandeja artesanal; B) entre la bandeja artesanal y la bandeja clase A; C) entre Et-gage y la bandeja clase A (7 días), D) entre Et-gage y la bandeja clase A.

A



B



C

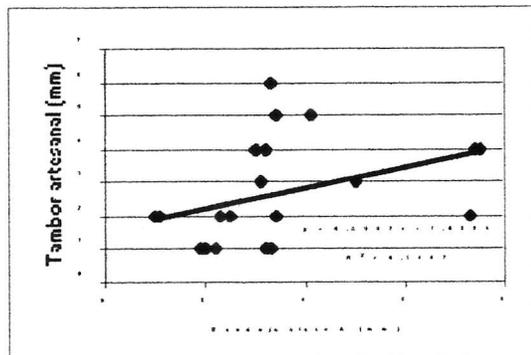


Figura 7. Correlación entre los equipos de evapotranspiración, evaluados durante 1 mes, en marzo 2003: A) entre bandeja clase A y ET-gage; B) entre ET-gage y bandeja artesanal; C) entre bandeja clase A y bandeja artesanal.

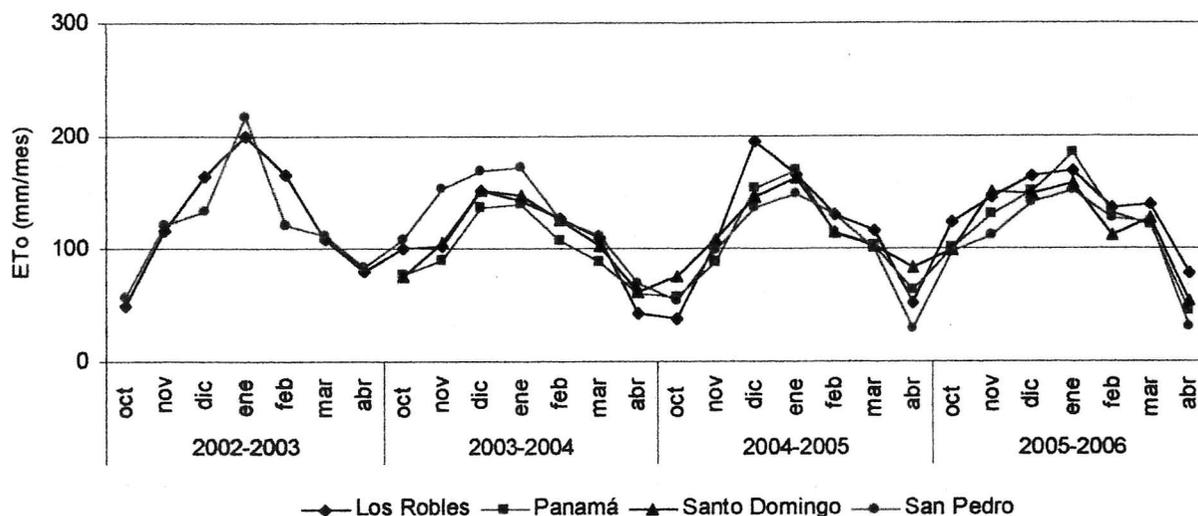


Figura 8. Evapotranspiración potencial (mm/mes) en las unidades demostrativas para todos los años de estudio.

Balance hídrico

Disponibilidad de agua en el suelo. Se caracterizó el suelo en los diferentes horizontes en las unidades de Los Robles y San Pedro, en relación con el contenido de agua v/s tensión (curva característica) (figuras 9 y 10).

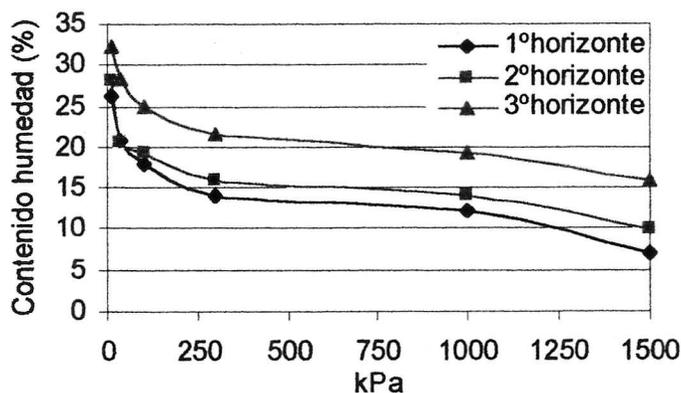


Figura 9. Curva característica de los tres primeros horizontes del perfil de suelo de la calicata n° 1 de la unidad de Los Robles.

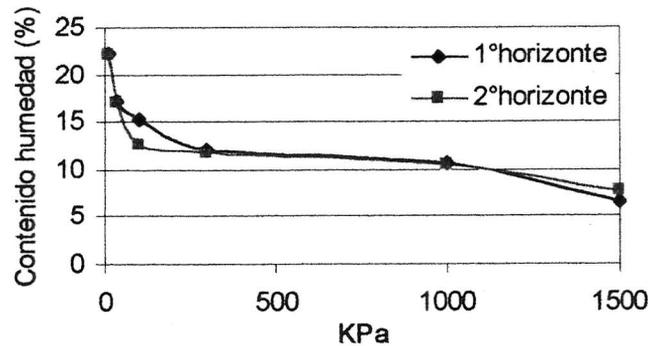


Figura 10. Curva característica de los dos horizontes del perfil de suelo de la calicata n° 2 de la unidad de San Pedro.

Evolución de la humedad del suelo. En las figuras 11, 12, 13, 14 y 15 se presentan la evolución del contenido de humedad del suelo, en m^3 en la unidad de San Pedro y Los Robles; la extracción de agua entre cada medición y las precipitaciones; la línea continua indica la fecha de detención del crecimiento. De acuerdo a este gráfico, con el desarrollo alcanzado por las plantas a la fecha, al terminar la temporada de crecimiento todavía existe remanente de agua en el suelo. Sin embargo, aun cuando las plantas no han alcanzado un gran desarrollo se consumen una gran parte de los recursos (aproximadamente la mitad). Esto deja la gran inquietud acerca la posible proyección de crecimiento futuro del árbol, y apoya la iniciativa de continuar con las evaluaciones de este proyecto.

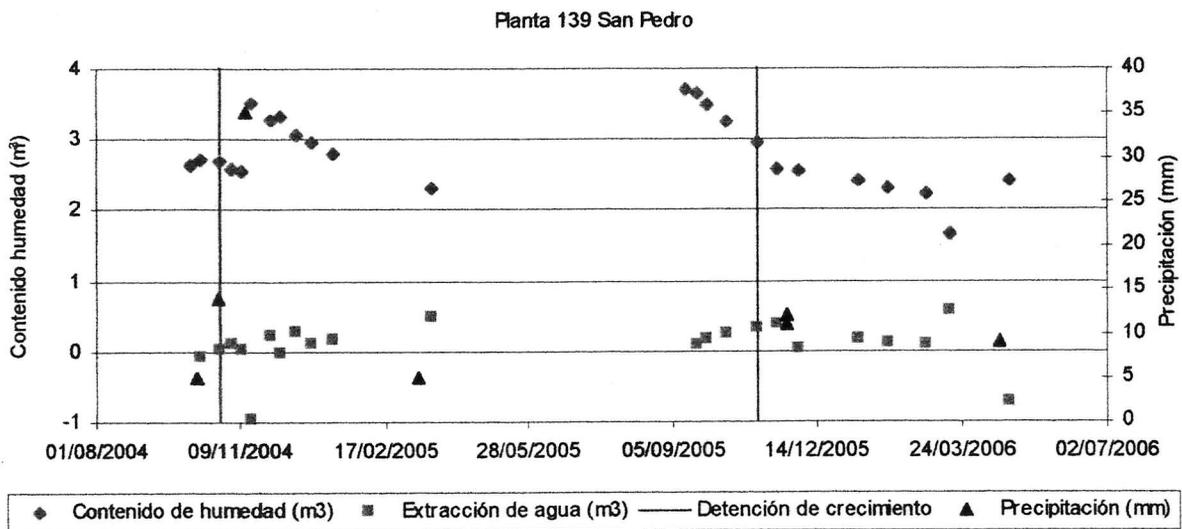


Figura 11. Evolución de la humedad de suelo y extracción entre fechas, se incluye precipitación y fecha de detención de crecimiento, para la planta 139, San Pedro.

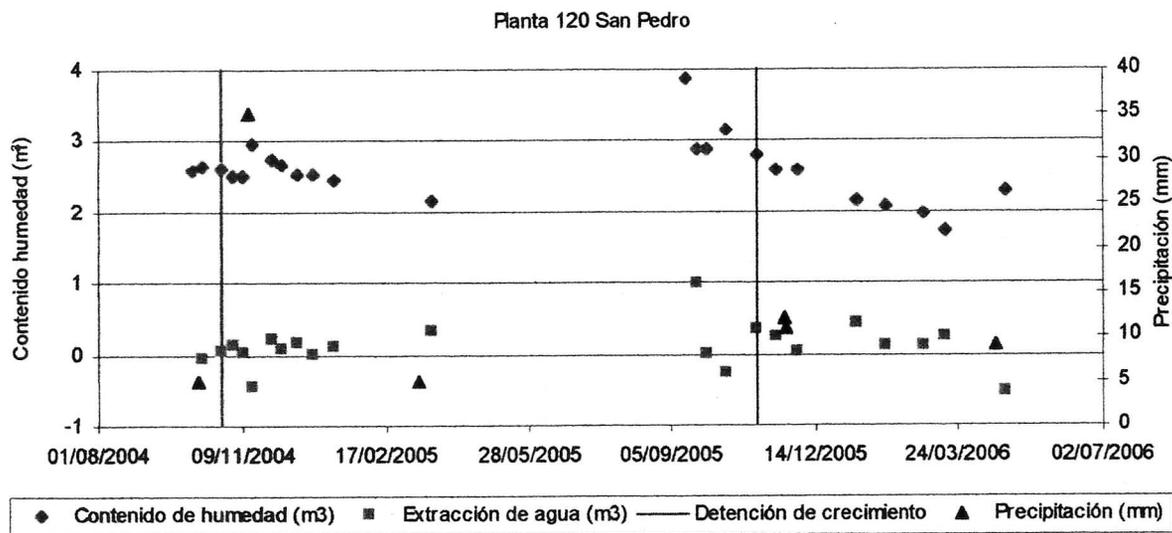


Figura 12. Evolución de la humedad de suelo y extracción entre fechas, se incluye precipitación y fecha de detención de crecimiento, para la planta 120, San Pedro.

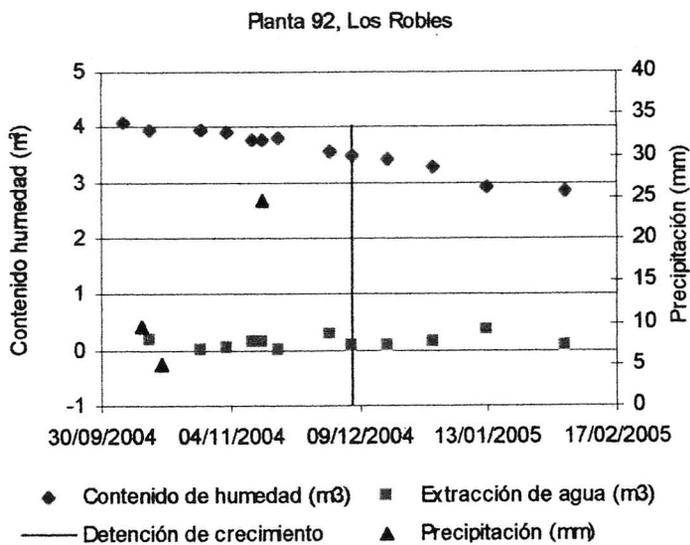


Figura 13. Evolución de la humedad de suelo y extracción entre fechas, se incluye precipitación y fecha de detención de crecimiento, para la planta 92, Los Robles.

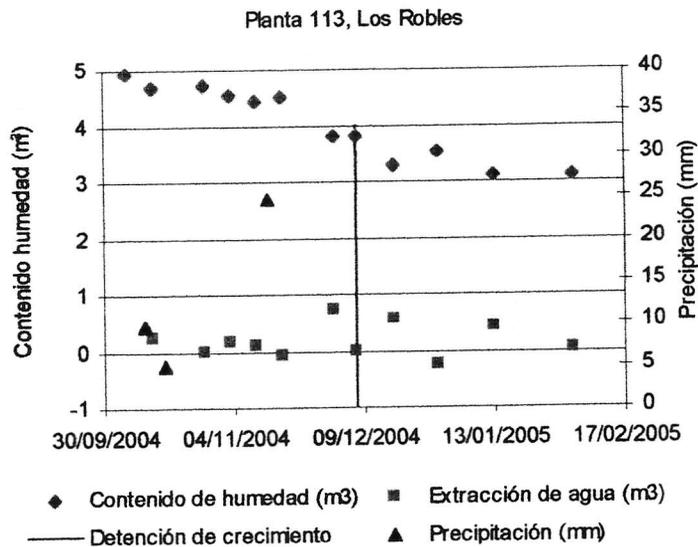


Figura 14. Evolución de la humedad de suelo y extracción entre fechas, se incluye precipitación y fecha de detención de crecimiento, para la planta 113, Los Robles.

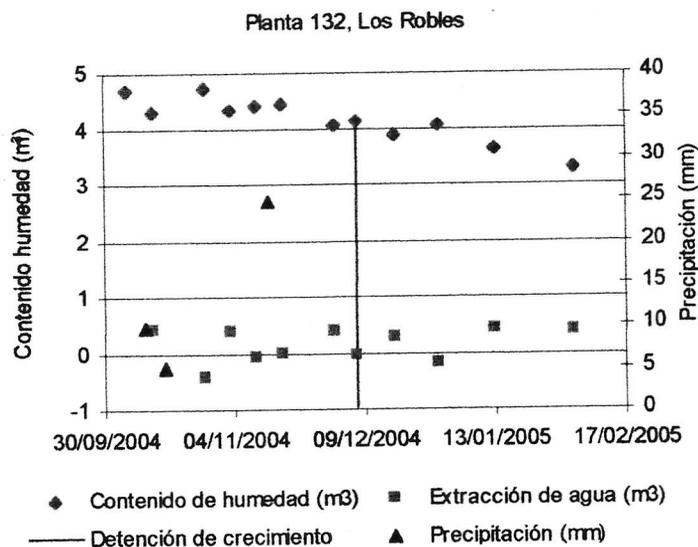


Figura 15. Evolución de la humedad de suelo y extracción entre fechas, se incluye precipitación y fecha de detención de crecimiento, para la planta 132, Los Robles.

Desarrollo vegetativo

Crecimiento de brotes. Las fechas de detención del crecimiento de las plantas donde se llevó a cabo el seguimiento hídrico en las unidades de San Pedro y Los Robles se presentan en el Cuadro 7, la detención del crecimiento de la unidad de San Pedro se produce a fines de octubre, inicios de noviembre, sin embargo en la unidad de Los Robles se produce un mes más tarde, a fines de noviembre, inicios de diciembre.

Cuadro 7. Fechas de detención de crecimiento para las unidades de San Pedro y Los Robles.

Temporada	Fecha detención del crecimiento	
	San Pedro	Los Robles
2003-2004	31/10/2003	26/11/2003
2004-2005	26/10/2004	07/12/2004
2005-2006	04/11/2005	*

* Temporada en que las plantas sufrieron la muerte de la parte aérea.

Peso poda. La primera poda realizada el 2003 fue de aproximadamente 0,2 kg por árbol, aproximadamente 31 kg/ha; al final del ensayo el peso de la poda del patrón GxN22 llegaba a 4,4 kg/árbol, 686 kg/ha (equivalente a 340 kg de leña seca), sin embargo los patrones Almendro y Nemaguard sólo alcanzaron 2 kg/árbol, un 65% menos (Figura x). Las diferencias en peso de poda entre patrones se muestran en la Figura x, siendo, en orden de mayor a menor peso: GxN22, GxN15, GF677, Nemaguard y Almendro. La unidad de Los Robles es la que presenta la mayor cantidad de poda, las unidades de secano interior (Panamá y San Pedro) representan un 40% de la unidad de Los Robles (Figura 16).

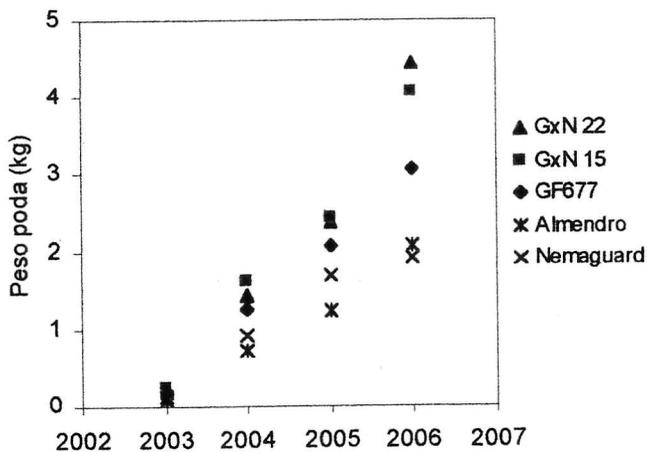


Figura 16. Evolución del peso poda (kg) de los diferentes patrones en los años de estudio.

Incremento de área de sección transversal de tronco (ASTT). La tasa de crecimiento, expresada en cm^2 de ASTT, se presenta en las figuras 17 y 18, se puede apreciar que la mayor tasa de crecimiento fue del patrón GxN22, con un incremento de $18,7 \text{ cm}^2$ de ASTT por año; en orden descendente le siguen GxN15 ($14,8 \text{ cm}^2$ de ASTT por año), GF677 ($14,2 \text{ cm}^2$ de ASTT por año), Almendro ($9,8 \text{ cm}^2$ de ASTT por año) y Nemaguard ($8,6 \text{ cm}^2$ de ASTT por año). Al evaluar la tasa de crecimiento por unidad demostrativa, San Pedro presentó un crecimiento anual de $9,9 \text{ cm}^2$ de ASTT, en comparación a esta unidad, Panamá presenta un 11,7% más, Santo Domingo 34,5% más y la unidad de Los Robles presenta un 88,7% más, lo que significa una tasa de crecimiento de $18,7 \text{ cm}^2$ de ASTT por año, para esta última.

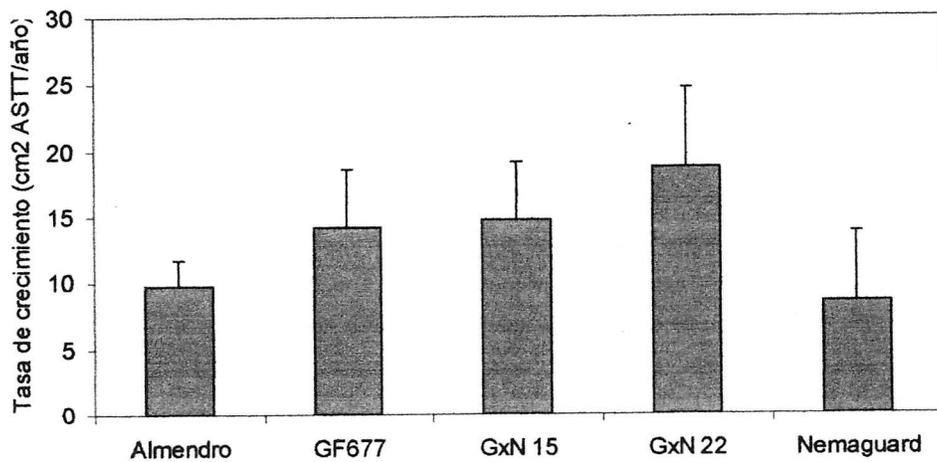


Figura 17. Tasa de crecimiento, expresada en cm^2 ASTT/año, en los patrones en estudio, valores indican promedio y desviación estándar.

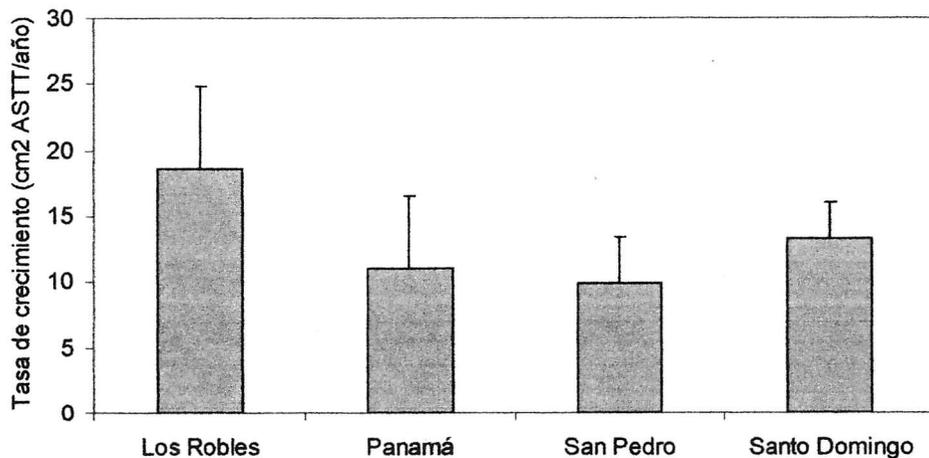


Figura 18. Tasa de crecimiento, expresada en cm^2 ASTT/año, para las unidades demostrativas, valores indican promedio y desviación estándar.

Expansión de la copa. En la Figura 19, se muestra las mediciones de interceptación, realizadas en las plantas en que se hace el seguimiento de la condición hídrica, en la unidad de Los Robles. La interceptación lograda a fines de temporada fue de un 5% para dos de las plantas evaluadas y de un 7 % para la tercera planta en evaluación. El índice de área foliar se muestra en la Figura 20, para el ensayo de patrones y en la Figura 21, para el ensayo de variedades. Cabe destacar que la unidad de San Pedro presenta menor índice de área foliar, para el caso del ensayo de patrones y variedades, en comparación con las otras unidades. Los patrones Almendro y Nemaguard se presentan con menor índice de área foliar en todas las unidades, exceptuando Santo Domingo.

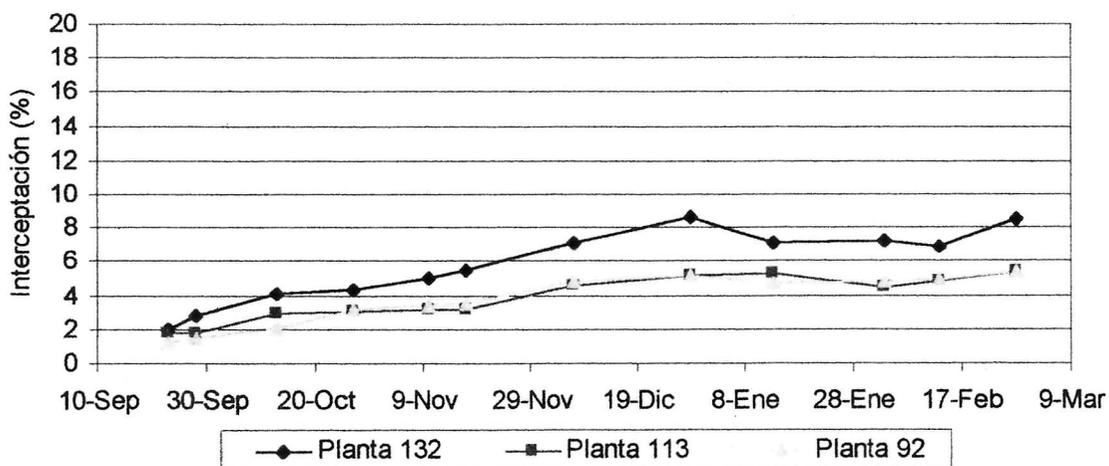


Figura 19. Interceptación de la radiación solar en la unidad de Los Robles.

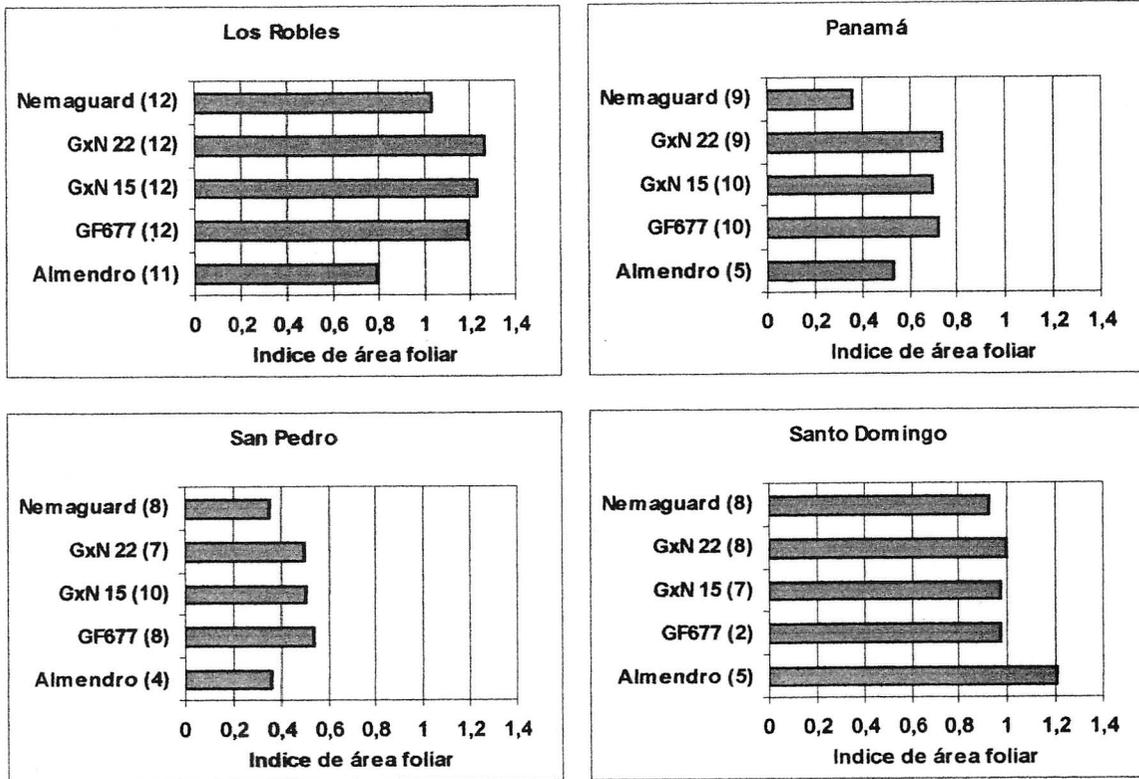


Figura 20. Índice de área foliar para el ensayo de patrones, en todas las unidades demostrativas, números entre paréntesis indican plantas evaluadas de un total de 12.

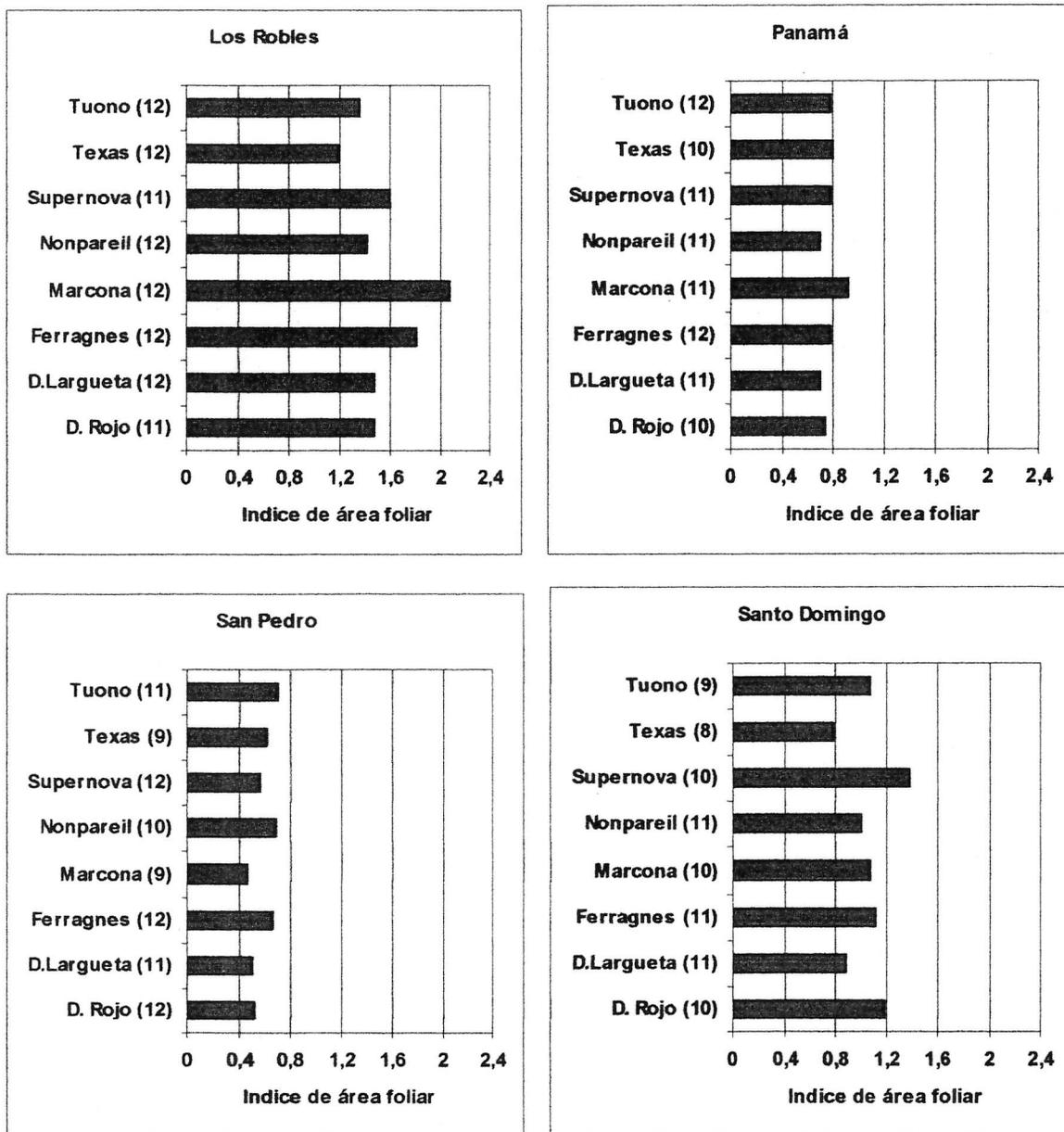


Figura 21. Índice de área foliar para el ensayo de variedades, en todas las unidades demostrativas, números entre paréntesis indican plantas evaluadas de un total de 12.

Desarrollo productivo

Floración. En el Cuadro 8 se presentan las fechas de floración de la variedad Nonpareil durante el 2003, 2004 y 2005 en las cuatro unidades demostrativas; en la Figura 22 se muestran los días que difiere la floración de las otras variedades en comparación a la variedad Nonpareil.

Cuadro 8. Fechas de floración de Nonpareil en las cuatro unidades demostrativas.

Año	Fecha floración Nonpareil			
	Los Robles	Panamá	San Pedro	Santo Domingo
2003	1 septiembre	29 agosto	27 agosto	*
2004	24 agosto	24 agosto	16 agosto	15 agosto
2005	14 agosto	8 agosto	14 agosto	11 agosto

* sin floración

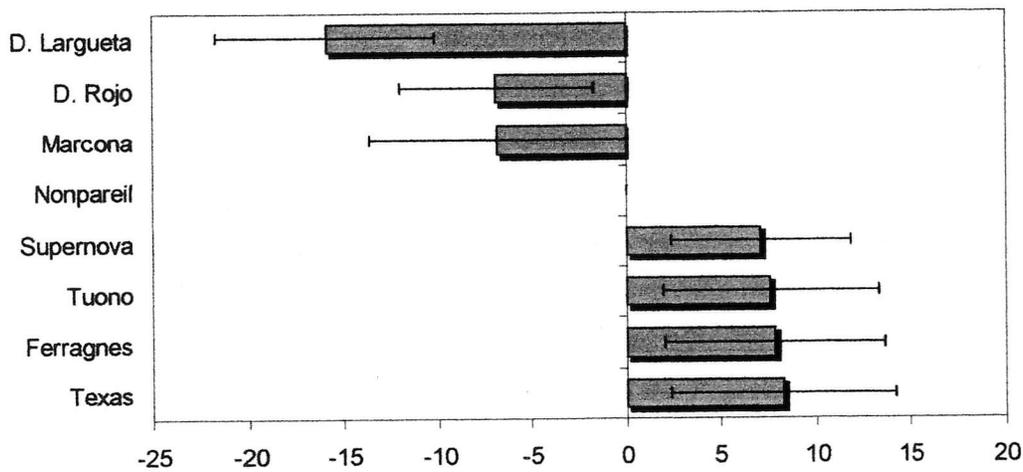


Figura 22. Fechas comparativas de floración con respecto a Nonpareil; barras indican promedio y variabilidad respecto de Nonpareil para todos los años y zonas.

Cuaje. El porcentaje de cuaje de los tres años productivos en orden descendente de las variedades fue: Tuono 22,7%, Supernova 17,3%, Texas y Ferragnes 13,3%, Nonpareil 12%, Desmayo Rojo 9,4%, Marcona 6,3%, Demayo Largueta 6% (Figura 23). La unidad demostrativa que presentó mejor cuaje fue San Pedro con un 15,8%, luego Panamá 11,8% y, por último, las unidades de secano costero: Santo Domingo y Los Robles con un 7,3 y 6,3% respectivamente (Figura 24).

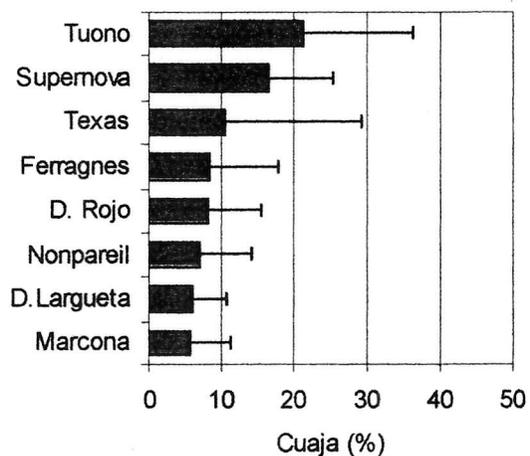


Figura 23. Porcentaje de cuaje de las variedades; barras indican promedio más desviación estándar, para todos los años y zonas.

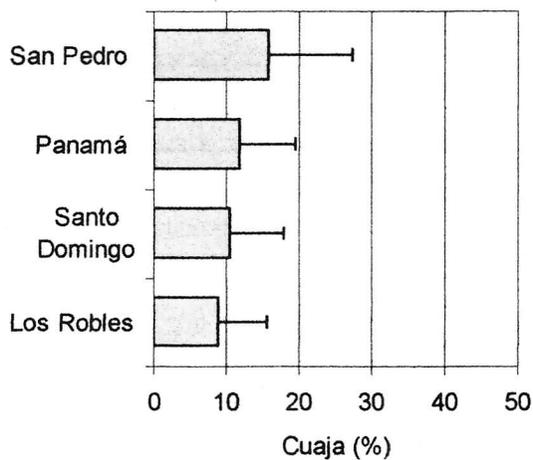


Figura 24. Porcentaje de cuaje en las unidades demostrativas, barras indican promedio más desviación estándar, para todos los años y zonas.

Desarrollo del fruto. En la Figura 25 se aprecia la evolución del desarrollo del fruto, el fruto crece rápidamente en septiembre: aproximadamente entre 50 y 70 días después de plena flor (DDPF), dependiendo de la variedad, se detiene el crecimiento del fruto, período en que coincide con el inicio del endurecimiento de carozo (IEC). Después, completado el desarrollo del embrión, alrededor de 100 DDPF, se inicia el incremento en el peso seco de la semilla. Se adjunta la Memoria de Título de Ingeniero Agrónomo: “Descripción de la fenología y el desarrollo del fruto en dieciocho variedades de almendro” (Anexo 11), además se adjunta CD con fotografías de los estados fenológicos y de desarrollo de fruto, donde se expresa mayor detalle.

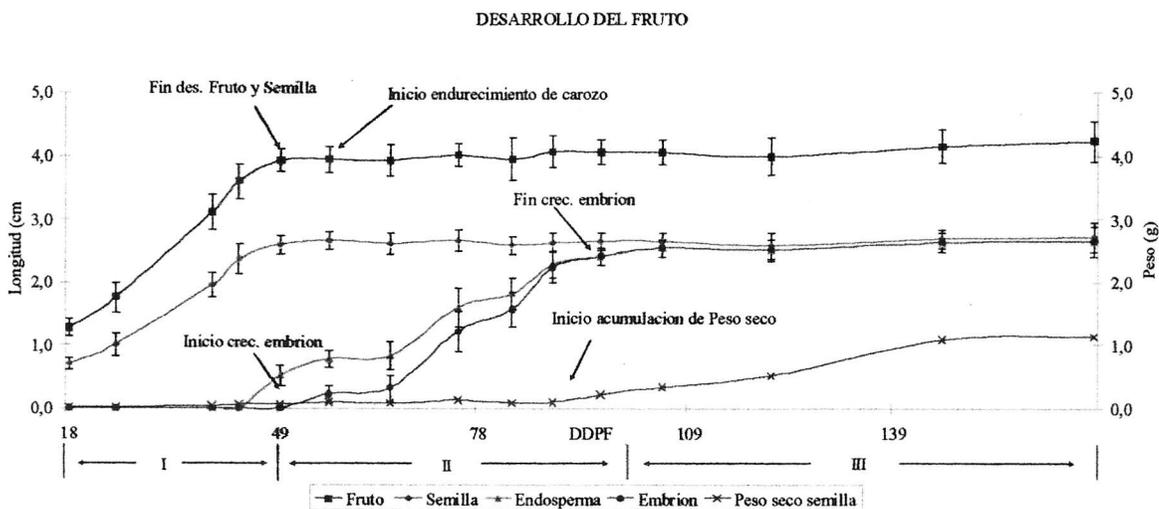


Figura 25. Evolución del desarrollo del fruto del almendro, de acuerdo a su longitud (cm) y peso seco de la semilla (g).

Características de la almendra. La relación pepa/almendra con endocarpio de las diferentes variedades se presenta en la Figura 26, Nonpareil es la variedad que posee mayor relación, el 53% del peso del fruto es pepa, sin embargo el peso de la pepa de las variedades españolas, de cáscara dura, como Marcona, Desmayo Largueta y Desmayo Rojo representa un 25% de la almendra con endocarpio.

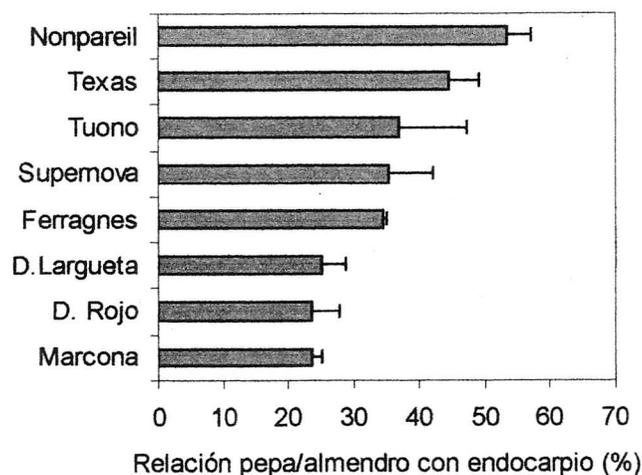


Figura 26. Relación pepa/almendra con endocarpio (%) en las variedades en estudio, valores indican promedio más desviación estándar, para todos los años y zonas.

Los defectos de calidad de la pepa, por variedad, tales como almendras vanas, “chupadas”, dobles o con daño de goma se presentan en la Figura 27, el porcentaje de almendras vanas fue mínimo para todas las variedades, alcanzando un máximo de 2,5% en la variedad Nonpareil. El porcentaje de almendras “chupadas” en esta misma variedad fue de un 32%, Ferragnes presentó un 18%, Tuono y Supernova presentaron un 15%, Texas un 9% y las variedades españolas fueron las que presentaron el menor porcentaje (8%) de almendras “chupadas”. En cuanto al porcentaje de almendras dobles, la variedad Tuono (autofértil) presenta un 23%, le sigue Supernova con un 16%, luego Desmayo Rojo, Texas y Nonpareil, aproximadamente, con un 5%, Marcona un 1% y las variedades Desmayo Largueta y Ferragnes un valor despreciable. La variedad Ferragnes presentó un 24% de almendras con gomosis, para las demás variedades el porcentaje de daño encontrado es mínimo.

En la Figura 28 se muestra los defectos encontrados por unidad demostrativa, para las dos últimas temporadas evaluadas. Se aprecia que en la unidad de Santo Domingo el porcentaje de almendras “chupadas” es de un 29%, en Los Robles un 15%, y en las unidades del secano interior de un 3,4%. El porcentaje de almendras dobles no difiere entre unidades, con valores entre el 7 al 11%. Las almendras con gomosis en la unidad de Los Robles fue de un 6%, la unidad de San Pedro y Santo Domingo un 2,7%, y un valor despreciable en la unidad de Panamá.

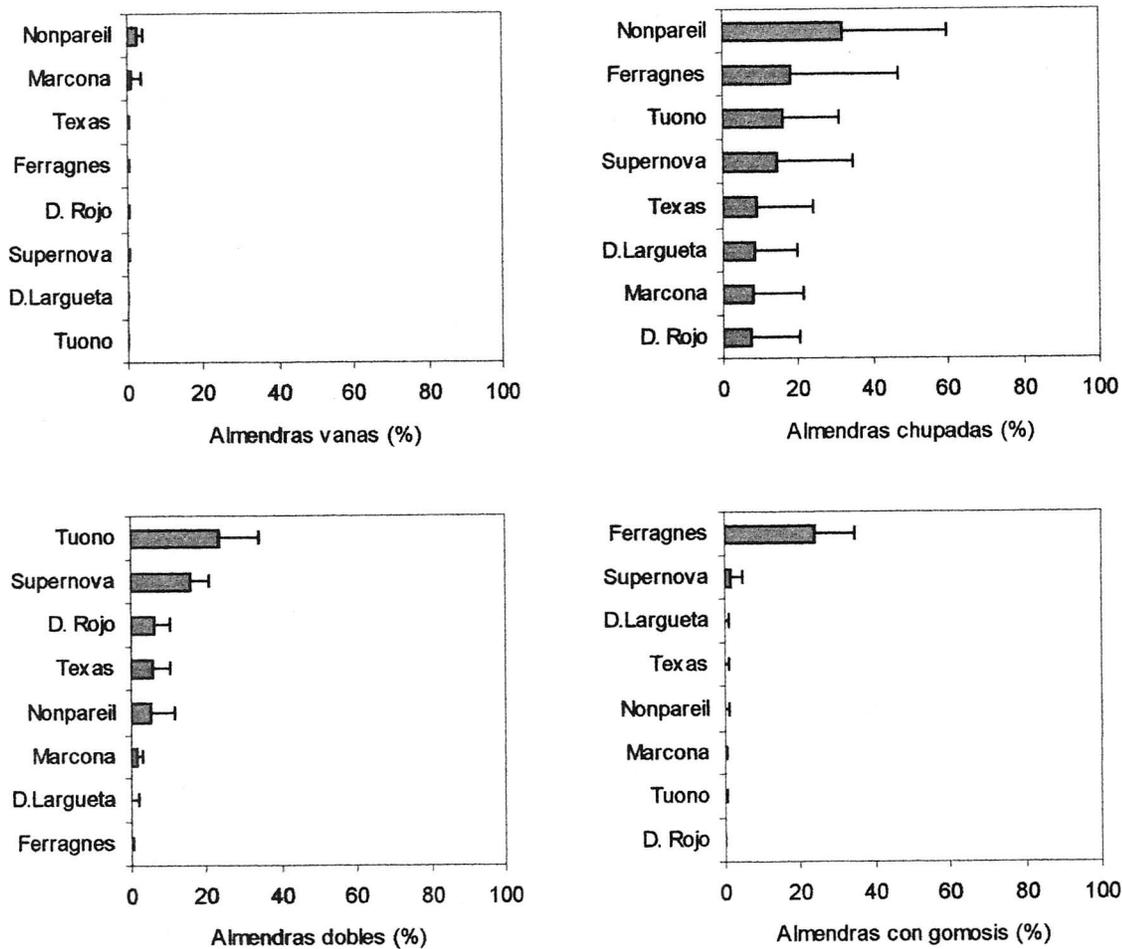


Figura 27. Defectos de calidad encontrado de acuerdo a la variedad de almendra: vanas, "chupadas", dobles y con gomosis, barras indican promedio y desviación estándar, para todos los años y zonas.

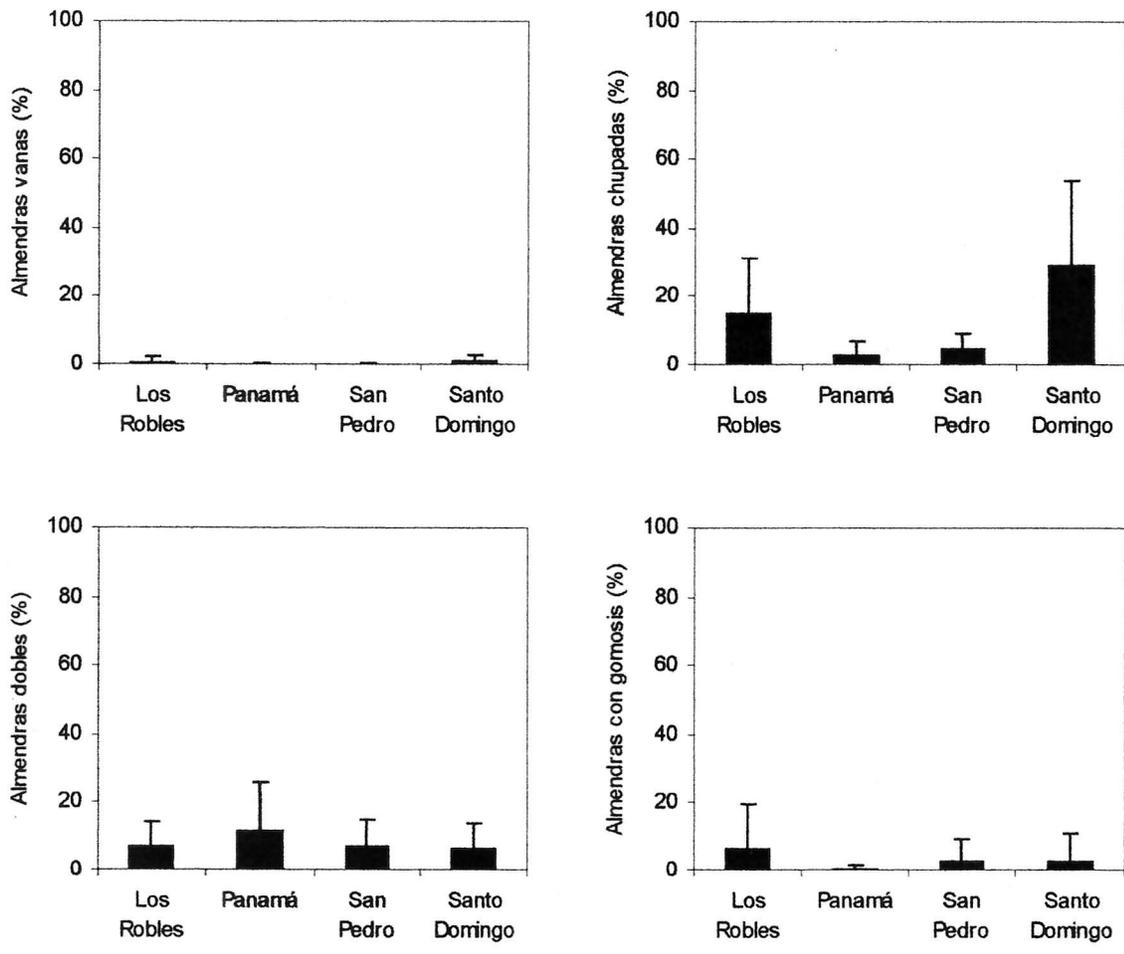


Figura 28. Defectos de calidad de acuerdo a la zona de estudio: almendras vanas, “chupadas”, dobles y con gomosis; barras indican promedio más desviación estándar, para todos los años y zonas.

Otro defecto observado fue la presencia de frutos con pelón adherido; Texas y Desmayo Rojo presentaron un 10% de frutos con este problema, Desmayo Langueta y Supernova un 6%, Marcona y Tuono un 3,5%, Ferragnes un 2% y el valor es despreciable para Nonpareil. Las unidades del secano costero fueron las que presentaron un mayor porcentaje de frutos con pelón adherido, un 13% para Los Robles y un 7% para Santo Domingo, sólo un 1,5% presentaron las unidades de Panamá y San Pedro (Figura 29).

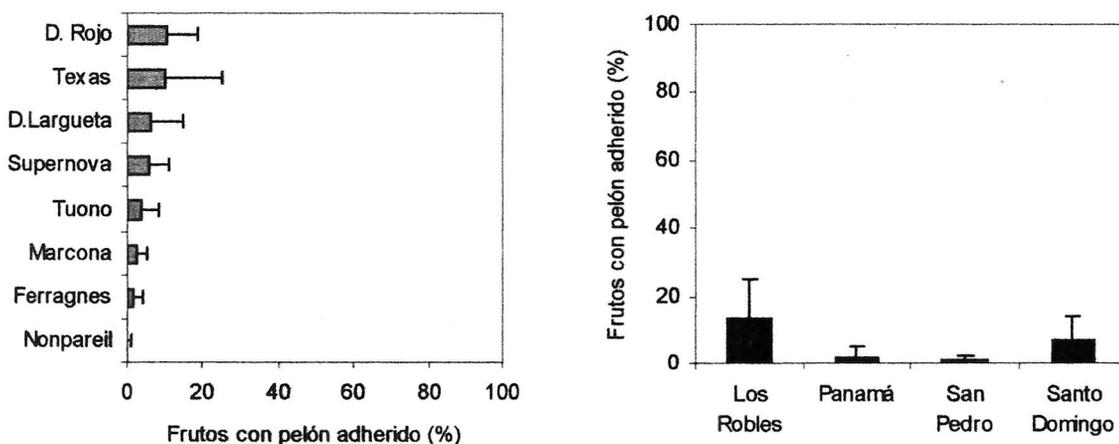


Figura 29. Porcentaje de frutos con pelón adherido para las diferentes variedades y para las unidades demostrativas; barras indican promedio y desviación estándar, para todos los años y zonas.

La pepa de las diferentes variedades se caracterizó mediante el largo, ancho, espesor y peso (Figura 30). 'Desmayo Langueta' es la variedad más larga y 'Ferragnes' la que le sigue, la variedad 'Marcona', en cambio, fue la más ancha, y 'Texas' la de mayor espesor. En cuanto al peso, 'Nonpareil' fue la más liviana y las variedades españolas las más pesadas. Mediante un análisis de conglomerado con los parámetros de largo, ancho, espesor y peso de la pepa se clasificó las variedades en cinco grupos similares, de acuerdo (Figura 31). Se muestra en la Figura los grupos de similitud: a) 'Ferragnes' - 'Desmayo Langueta', b) 'Tuono' - 'Supernova', c) 'Marcona' - 'Desmayo Rojo', d) 'Nonpareil' y d) 'Texas'.

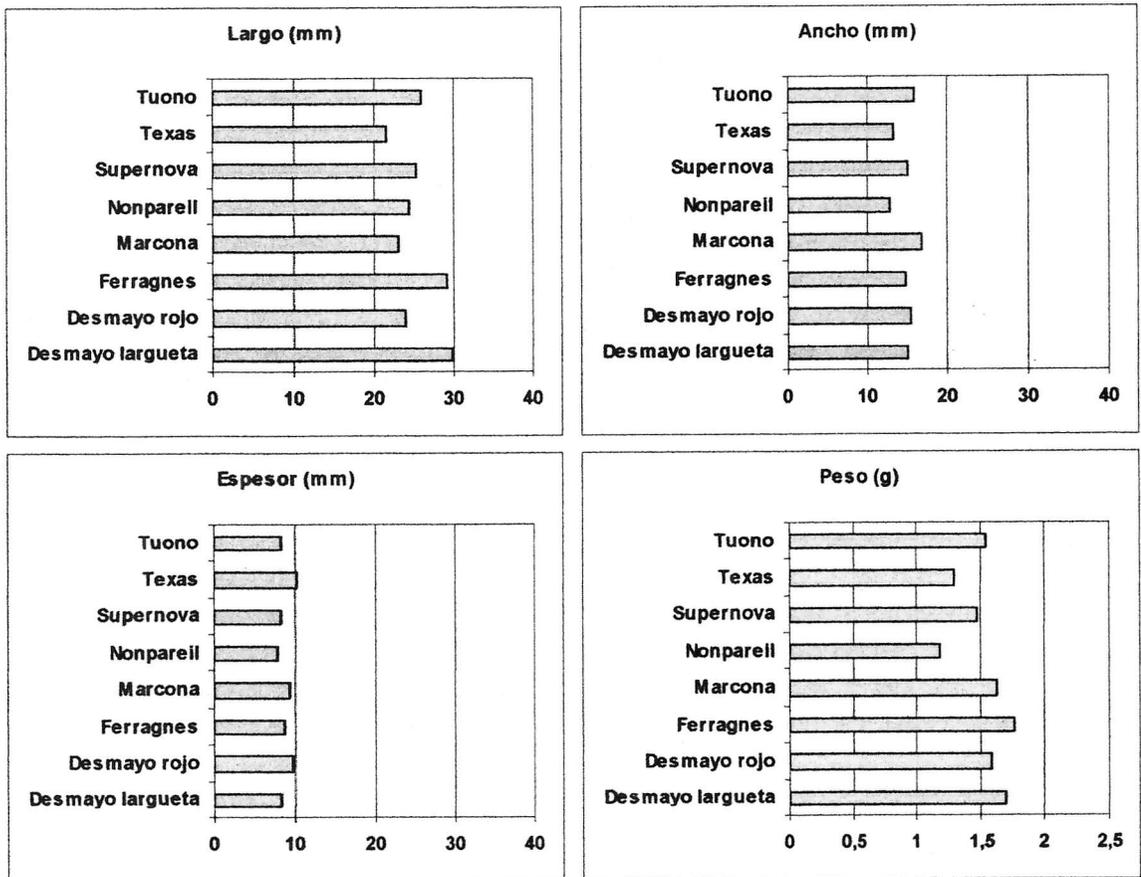


Figura 30. Largo, ancho, espesor y peso de las variedades en estudio.

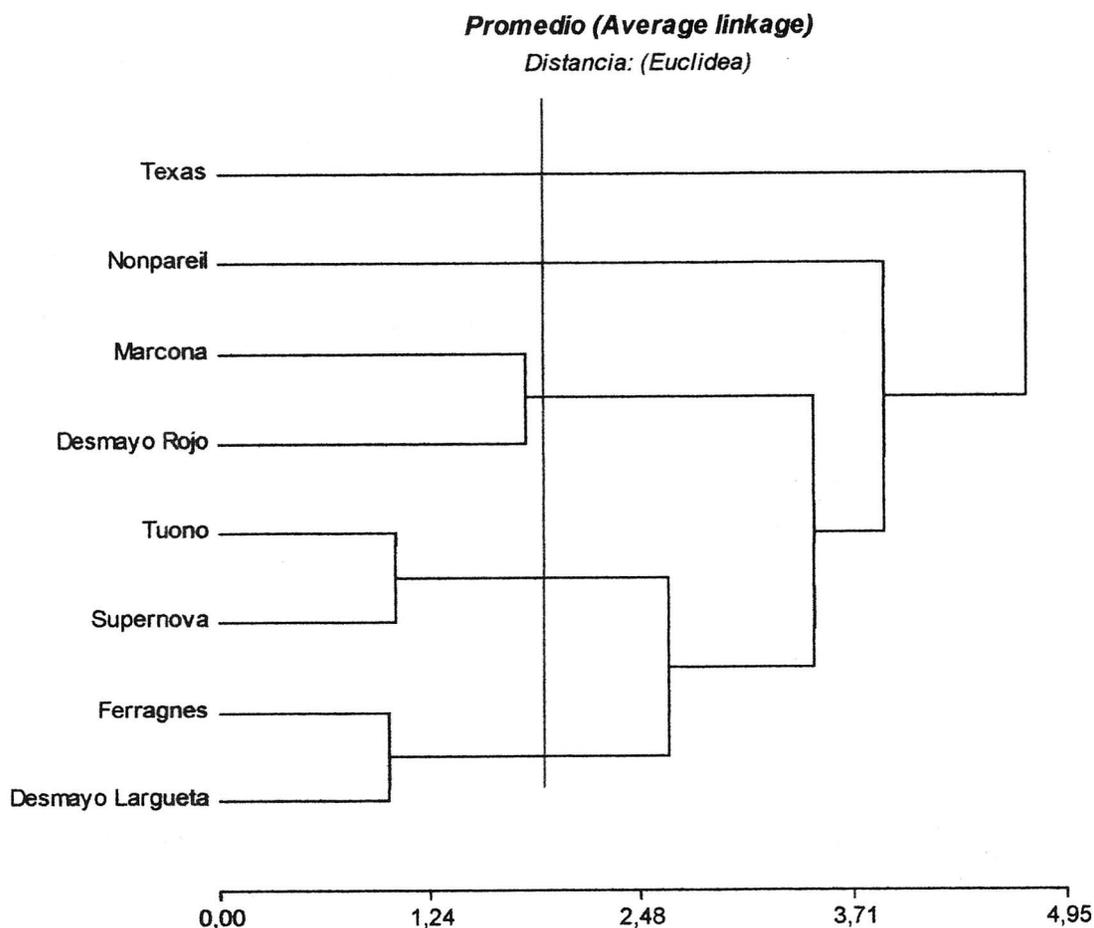


Figura 31. Árbol de similitud, línea roja indica la separación definida entre grupos.

Producción por árbol. El número de frutos por árbol y la producción de pepa por árbol (g/ árbol) se presentan en la Figura 32; Supernova y Tuono son las variedades con mayor producción y número de frutos. En la Figura 33 se presenta la productividad (peso de almendras por cm^2 ASTT), nuevamente se aprecia que la variedad Tuono fue la con mayor productividad (10 g/cm^2 ASTT), en orden descendente de productividad fue: Supernova, Marcona, Desmayo Rojo, Ferragnes, Texas, Nonpareil y Desmayo Largueta. La baja productividad de esta última se debe a que florece muy temprano y con ninguna otra variedad que pueda polinizarla.

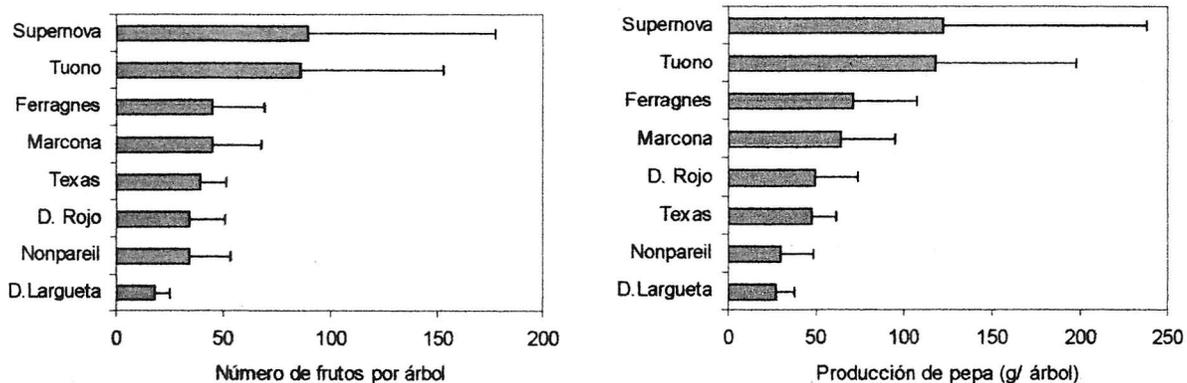


Figura 32. Número de frutos por árbol y producción de pepa (g/árbol) para todas las variedades en estudio, barras indican promedio y desviación estándar.

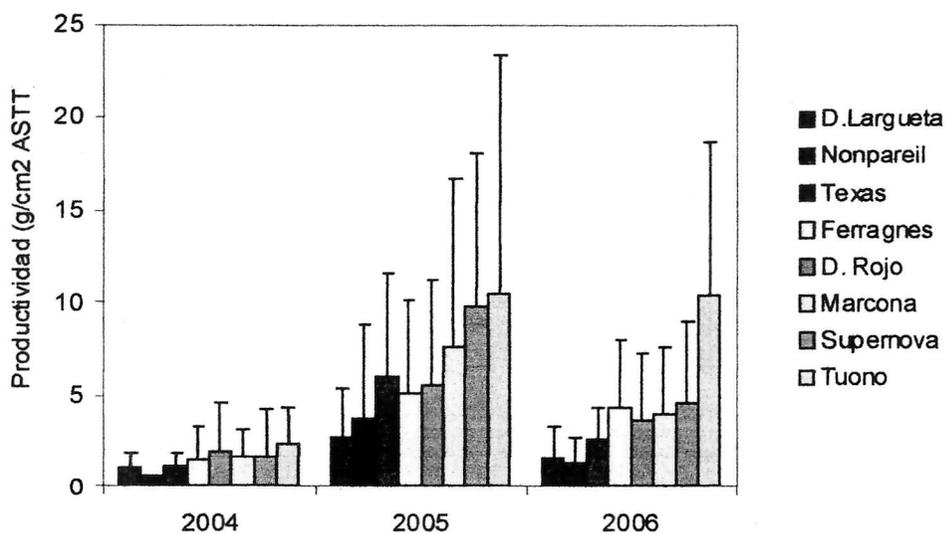


Figura 33. Productividad por árbol (g/cm² ASTT) para todas las variedades en estudio, barras indican promedio y desviación estándar.

Fichas técnicas y análisis económico del cultivo, rubro, especie animal o tecnología que se desarrolló en el proyecto, junto con un análisis de las perspectivas del rubro después de finalizado el proyecto.

Modelo de crecimiento de la producción de almendras

En relación a la proyección de crecimiento de la producción de almendros asociados al proyecto, se aplican dos criterios. El primero corresponde al índice que relaciona la producción de frutas (en unidad de peso) con el área de sección transversal de tronco, índice ASTT. En estudio se adoptó una forma lineal, para esta relación.

El segundo criterio corresponde al modelo de crecimiento que describe el comportamiento de la producción de almendros en relación al tiempo de maduración del huerto. Este comportamiento corresponde a un fenómeno general de crecimiento biológico que se describe mediante curvas de tipo sigmoideo, entre las cuales se considera a la curva cuadrática convexa. En estos casos se considera la tasa de crecimiento de la producción en el tiempo, hasta llegar a un límite, el nivel de máxima producción, dado por la especie.

Modelo cuadrático cóncavo

Este modelo establece que existe un valor máximo para el valor de la función, cuando se relaciona con el tiempo, de manera que:

A partir de esta expresión, se infiere que la magnitud a la cual crece la producción frutal es

$$Y = a + bt - ct^2$$

decreciente en el tiempo. La concavidad en esta curva se verifica porque la segunda derivada respecto del tiempo es negativa.

Aplicación al caso del almendro proyecto FIA

Proyección de la producción con ASTT

De los ensayos realizados se utilizan los mayores niveles de este indicador. Es así que se observó una tasa de crecimiento promedio de 15 cm²/temporada y un rendimiento de 15 g/cm². Con esto, el rendimiento por árbol es de 225 g de pepa/temporada, y considerando una hectárea se tiene un rendimiento de 35,1 kg de pepa/temporada.

Las mediciones indicaron una tasa de crecimiento máxima de 25 cm² y un rendimiento de 50 g/cm². Con lo que el rendimiento por árbol es de 1,5 kg, con lo cual se estima que una hectárea el rendimiento alcanzaría hasta los 195 kg de pepa (Cuadro 9 y 10).

Cuadro 9. Proyección de la producción, para cada unidad demostrativa y nivel de crecimiento.

Temporada	Producción promedio por Unidades (kg/ha)							
	Los Robles		San Pedro		Santo Domingo		Panamá	
	Asst 15	Asst 25	Asst 15	Asst 25	Asst 15	Asst 25	Asst 15	Asst 25
2004	0,671	0,671	0,22	0,22	0,2	0,2	0,64	0,64
2005	8,8	8,8	9,2	9,2	7,5	7,5	13,8	13,8
2006	43,9	203,8	10,8	10,8	19,4	19,4	14,9	14,9
2007	79,0	398,8	42,3	205,8	54,5	214,4	50,0	209,9
2008	114,1	593,8	73,8	400,8	89,6	409,4	85,1	404,9
2009	149,2	788,8	105,3	595,8	124,7	604,4	120,2	599,9
2010	184,3	983,8	136,8	790,8	159,8	799,4	155,3	794,9
2011	219,4	1178,8	163,3	985,8	194,9	994,4	190,4	989,9
2012	254,5	1373,8	199,8	1180,8	230,0	1189,4	225,5	1184,9
2013	289,6	1568,8	231,3	1375,8	265,1	1384,4	260,6	1379,9
2014	324,7	1763,8	262,8	1570,8	300,2	1579,4	295,7	1769,9
2015	359,8	1958,8	294,3	1765,8	335,3	1774,4	330,8	1964,9

Cuadro 10. Proyección de la producción para cada variedad

<i>Producción promedio según variedad de almendro. Caso 15 cm²/año y 15 g/cm²</i>								
Cifras en kilos de pepa por hectárea								
	Variedad							
	Supernova	Marcona	D.Largeta	Tuono	D.Rojo	Texas	Nonpareil	Ferragnes
2004	0,32	0,75	0,29	1,1	0,23	0,25	0,07	0,4
2005	13,8	8,9	3,4	11,3	7,3	7,0	4,2	8,3
2006	14,8	6,1	3,6	16,3	4,3	4,0	8,2	8,2
2007	49,9	41,2	38,7	51,4	39,4	39,1	43,3	43,3
2008	85,0	76,3	73,8	86,5	74,5	74,2	78,4	78,4
2009	120,1	111,4	108,9	121,6	109,6	109,3	113,5	113,5
2010	155,2	146,5	144,0	156,7	144,7	144,4	148,6	148,6
2011	190,3	181,6	179,1	191,8	179,8	179,5	183,7	183,7
2012	225,4	216,7	214,2	226,9	214,9	214,6	218,8	218,8
2013	260,5	251,8	249,3	262,0	250,0	249,7	253,9	253,9
2014	295,6	286,9	284,4	297,1	285,1	284,8	289,0	289,0
2015	330,7	322,0	319,5	332,2	320,2	319,9	324,1	324,1

Curvas de Producción según tiempo estimado de maduración

Se ajustaron curvas de crecimiento, considerando un nivel máximo de producción de 300 kg/ha, a una curva cuadrática cóncava (Cuadros 11, 12, 13 y 14)

Cuadro 11. Unidad Los Robles. Producción de pepas por variedad. Expresada en g/árbol

Variedad	Temporada		
	2004	2005	2006
Supernova	3,9	97,7	0
Marcona	4,9	44,3	0
D. Largeta	3,0	14,5	0
Tuono	9,3	29,0	0
D. Rojo	2,0	83,1	0
Texas	5,0	66,6	0
Nonpareil	0,0	28,2	0
Ferragnes	6,2	87,9	0
Promedio	4,3	56,4	0

Cuadro 12. Unidad San Pedro. Producción de pepas por variedad. Expresada en g/árbol

Variedad	Temporada		
	2004	2005	2006
Supernova	0,0	57,3	34,3
Marcona	10,8	117,7	83,4
D. Largueta	0,0	30,2	25,8
Tuono	0,0	112,2	173,5
D. Rojo	0,0	56,0	51,6
Texas	0,0	27,4	56,6
Nonpareil	0,0	57,2	34,7
Ferragnes	0,0	13,1	91,8
Promedio	1,4	58,9	69,0

Cuadro 13. Unidad Santo Domingo: Producción de pepas por variedad. Expresada en g/árbol

Variedad	Temporada		
	2004	2005	2006
Supernova	0,48	111,9	346,7
Marcona	0,0	17,36	73,6
D. Largueta	0,0	22,5	66,6
Tuono	8,01	80,0	245,5
D. Rojo	0,0	36,8	58,9
Texas	0,0	51,5	46,9
Nonpareil	0,0	7,3	37,1
Ferragnes	2,3	58,7	117,7
Promedio	1,34	48,3	124,1

Cuadro 14. Unidad Panamá Producción de pepas por variedad. Expresada en gramos /árbol

Variedad	Temporada		
	2004	2005	2006
Supernova	4,1	86,6	0,0
Marcona	3,3	51,3	
D. Largueta	4,4	19,8	0,0
Tuono	10,1	69,8	0,0
D. Rojo	4,1	10,8	0,0
Texas	1,3	34,5	0,0
Nonpareil	2,4	15,7	0,0
Ferragnes	3,2	53,4	0,0
Promedio	4,1	42,7	0,0

Resultado productivo según variedad y unidad experimental

Cuadro 15. Producción de pepas por variedad. Expresada en g/árbol. Promedio por unidad

Variedad	Temporada		
	2004	2005	2006
Supernova			
Los Robles	3,9	97,7	0,0
San Pedro	0,0	57,3	34,3
Sto. Domingo	0,48	111,9	346,7
Panamá	4,1	86,6	0,0
Promedio	2,1	88,4	95,3
<i>Marcona</i>			
Los Robles	4,9	44,3	0,0
San Pedro	10,8	117,7	83,4
Sto. Domingo	0,0	17,4	73,6
Panamá	3,3	51,3	0,0
Promedio	4,8	57,6	39,3
D. Largueta			
Los Robles	3,0	14,5	0,0
San Pedro	0,0	30,2	25,8
Sto. Domingo	0,0	22,5	66,6
Panamá	4,4	19,8	0,0
Promedio	1,9	21,8	23,1
<i>Tuono</i>			
Los Robles	9,3	29,0	0,0
San Pedro	0,0	112,2	173,5
Sto. Domingo	8,01	80,0	245,5
Panamá	10,1	69,8	0,0
Promedio	6,9	72,8	104,8
<i>D. Rojo</i>			
Los Robles	2,0	83,1	0,0
San Pedro	0,0	56,0	51,6
Sto. Domingo	0,0	36,8	58,9
Panamá	4,1	10,8	0,0
Promedio	1,5	46,7	27,6
<i>Texas</i>			
Los Robles	5,0	66,6	0,0
San Pedro	0,0	27,4	56,6
Sto. Domingo	0,0	51,5	46,9
Panamá	1,3	34,5	0,0

Promedio	1,6	45,0	25,9
<i>Nonpareil</i>			
Los Robles	0,0	28,2	0,0
San Pedro	0,0	57,2	34,7
Sto. Domingo	0,0	7,3	37,1
Panamá	2,1	15,7	0,0
Promedio	0,5	27,1	18,0
<i>Ferragnes</i>			
Los Robles	6,2	87,9	0,0
San Pedro	0,0	13,1	91,8
Sto. Domingo	2,3	58,7	117,7
Panamá	3,2	53,4	0,0
Promedio	2,9	53,3	52,4

Curvas de crecimiento de la producción de almendras

Las siguientes figuras muestran las curvas de producción de cada unidad (Figuras 34, 35, 36 y 37).

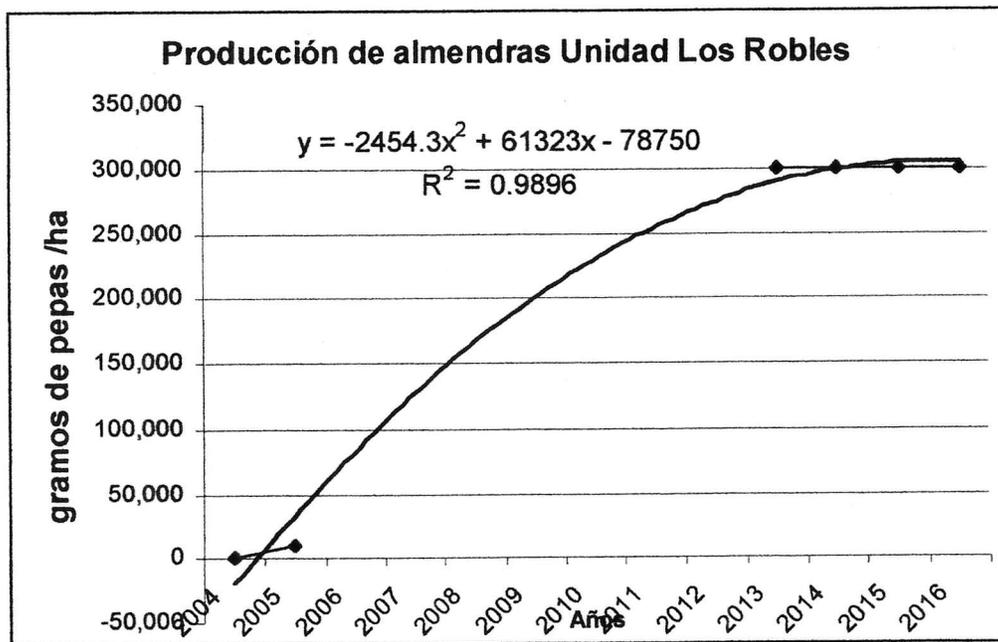


Figura 34. Curva de producción, unidad Los Robles.

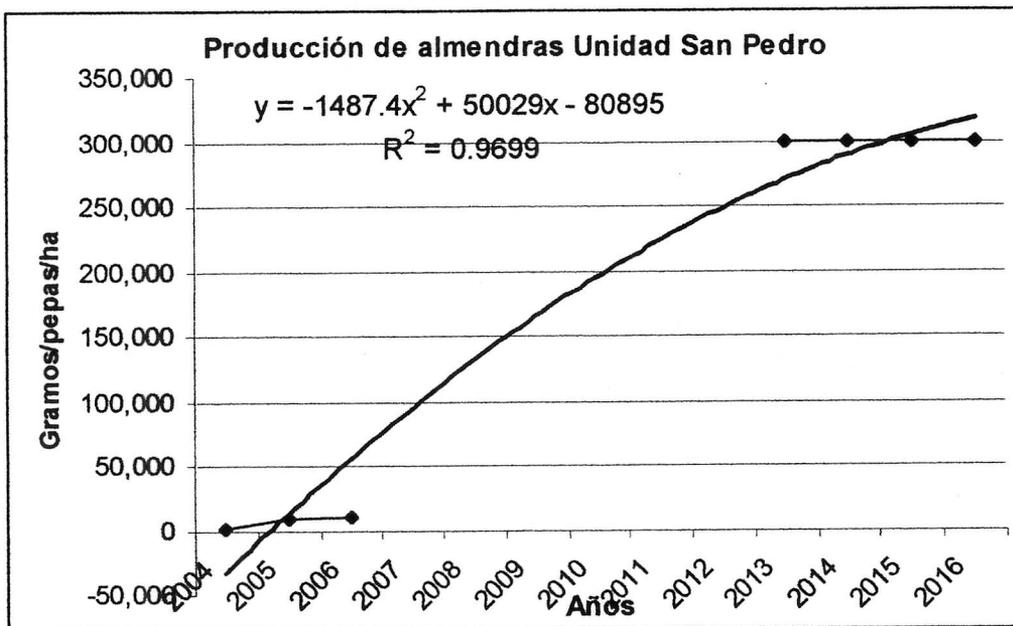


Figura 35. Curva de producción, unidad San Pedro.

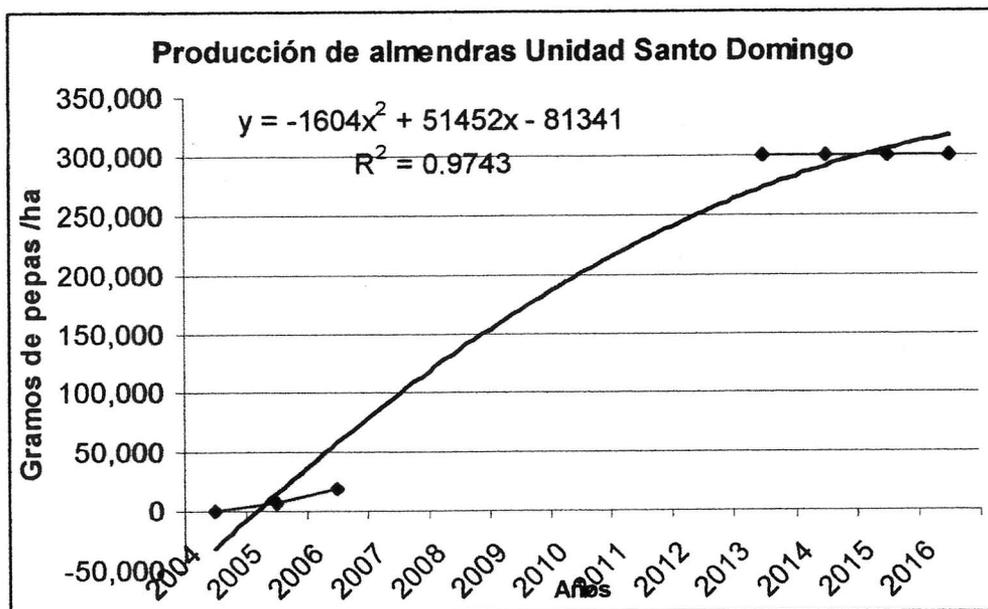


Figura 36. Curva de producción, unidad Santo Domingo.

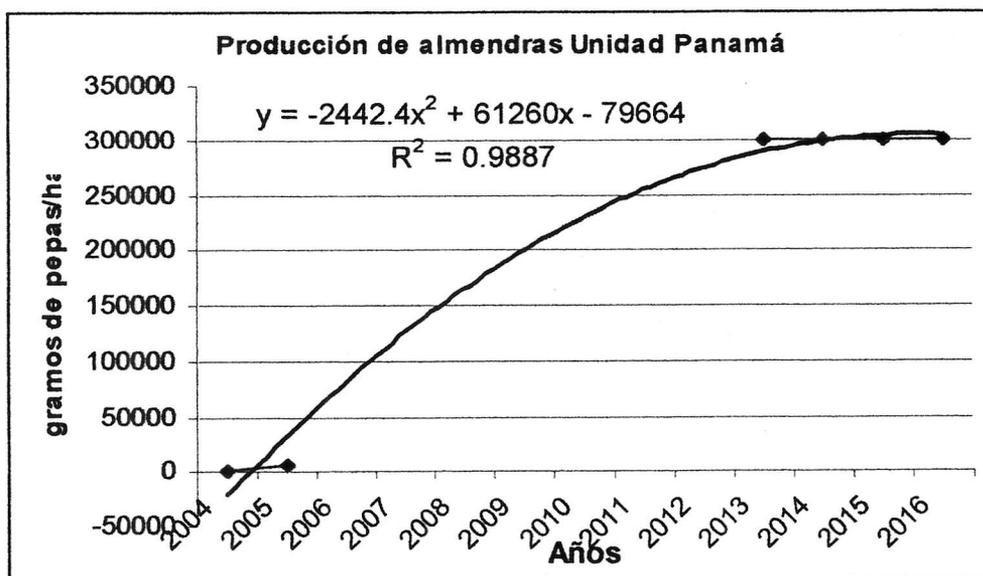


Figura 37. Curva de producción, unidad Panamá.

Problemas enfrentados durante la ejecución del proyecto (legales, técnicos, administrativos, de gestión) y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

Unidades experimentales

El único problema enfrentado en ésta actividad fue encontrar una unidad en que un productor pequeño estuviese interesado en el proyecto. Dos de los pequeños productores contactados (unidad ubicada en la localidad de Pailimo, provincia de Colchagua, VI región y unidad ubicada en la comuna de Malloa), desistieron en último momento de participar en el proyecto.

El problema se solucionó encontrando un agricultor muy interesado en la localidad de San Pedro; debido a esto la preparación de suelo empezó con atrasos, sin llegar a afectar el normal desarrollo del proyecto.

Portainjerto y variedades

El problema encontrado en éste punto fue el bajo número del portainjerto GF 677 y GxN15. El problema se solucionó injertando 5 de las variedades en GF 677 sobre patrones de dos años (Cuadro 16), disponiendo en éstos en los bloques de tal forma de homogeneizar lo mejor posible la disposición de las plantas. El patrón GxN15 se reemplazó por el GxN22 en el ensayo de variedades.

Otro de los problemas fue la disponibilidad de material de las variedades Tuono, Supernova y Ferragnes, ya que el material era proveniente de plantas en maceta en “screenhouse”, y era poca cantidad para dejar como testigo a Tuono y Ferragnes en el ensayo de portainjertos, como estaba

presupuestado en las actividades programadas en el proyecto (Cuadro 4); esto se solucionó cambiando estas variedades a Marcona y Desmayo Langueta.

Cuadro 16. Número de plantas totales programadas originalmente en el proyecto.

Variedades	Portainjertos				
	GF 677	GxN 22	GxN 15	Nemaguard	Almendro
Marcona	24	24			
Desmayo Langueta	24	24			
Desmayo Rojo	24	24			
Nonpareil	24	24			
Texas	24	24			
Tuono	48	48	24	24	24
Supernova	24	24			
Ferragnes	48	48	24	24	24

Implementación de las unidades experimentales

El traspaso de los cercos por parte de animales, en la unidad de San Pedro, significó el atraso del normal crecimiento de las plantas. Esto se solucionó reforzando aquellas zonas del cerco que tenían alambre púa, con malla ovejera; con esto la unidad quedó reforzada y con acceso muy restringido.

Evaluaciones

Condiciones climáticas

El mayor problema fue durante la temporada 2005, donde se perdió parte de la información climática durante el invierno, debido al desgaste de las baterías. Desafortunadamente, esta pérdida no pudo ser recuperada.

Balance hídrico

Evolución de la humedad del suelo. El mayor problema durante el 2002 fue el atraso en la adquisición de los equipos de humedad de suelo. En San Pedro no se pudo instalar la batería de observación y en Los Robles faltó más de la mitad de los tubos de acceso; todo esto debido al incumplimiento por parte del proveedor de los equipos. En octubre de 2003 se instalaron la totalidad de los tubos.

A fines del 2003 ocurrió la muerte de una de las plantas destinada al seguimiento de la humedad de suelo en la unidad de San Pedro, en invierno del 2004 se instalaron los tubos en otra planta seleccionada.

Uno de los problemas presentados fue la primera calibración del equipo DIVINER, ya que la condición seca no fue lo suficiente como para generar una óptima curva de calibración, es por ello que se generó la condición mediante la siembra de maíz durante la segunda temporada.

Además, se realizó la calibración en laboratorio, extrayendo suelo de cada uno de los horizontes, y se generó las tres condiciones que se requieren para dicha calibración: seco, húmedo y saturado.

Desarrollo vegetativo

Durante el invierno de 2003, se perdieron plantas en la unidad de Santo Domingo, debido a la excesiva acumulación de humedad de suelo durante el periodo invernal. A esa fecha, se habían perdido 15 plantas, que ya estaban establecidas.

En las unidades de Los Robles y Panamá se produjo una muerte importante de plantas en el invierno de 2005, esto debido a una sobresaturación del suelo a salidas de invierno, inicios de primavera, cuando ya se había iniciado la brotación de los almendros. Además, en la unidad de Panamá la floración se afectó por bajas temperaturas; debido a esto no se obtuvo producción en estas dos unidades, y este problema afecta la proyección del desarrollo productivo.

En febrero de 2006 a pesar que las plantas evidenciaban un gran desarrollo de su tronco, fueron dañadas por los conejos, los que generaron importantes daños en las plantas de la unidad de San Pedro, al no ser detectadas oportunamente por el agricultor; para evitar la muerte de estas plantas se realizó un injerto de puente en todas las plantas dañadas, tanto en otoño como recientemente a inicios de primavera, cuyo éxito está por ser comprobado durante el avance de la primavera de 2006.

Difusión de los resultados obtenidos adjuntando las publicaciones realizadas en el marco del proyecto o sobre la base de los resultados obtenidos, el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares ejecutadas durante la ejecución del proyecto.

Días de campos

4 de noviembre de 2003

Se realizó un día de campo en la unidad de Los Robles, consistió en una charla informativa en las dependencias de la Ilustre Municipalidad de Lolol, y una visita en terreno. Para dicha actividad se realizó difusión por medio de radio Alegría de Lolol y radio Marchigüe, además se invitó a personas de instituciones de apoyo a la gestión de los agricultores del sector o a agricultores, como:

- Milton Salazar, Agrosecano, Centro de Gestión Empresarial, Marchigue (72)831031
- Hela López Fuenzalida, directora Liceo de Lolol (72)823767
- José Castillo, Departamento Desarrollo Rural, Municipalidad de Marchigüe (72)831055
- Francisco Castro Gálvez, Secretario Municipal, Municipalidad de Pumanque (72)8244049
- José Manuel Morales, Alcalde, Municipalidad de Lolol

- Patricio Cornejo, Tricahue Frut. Soc. Anónima, Los Tricahues, Lolol
- Gabriel Barrera, Sociedad Frut. Lolol Soc. Anónima, La Vega, Lolol
- María González Muñoz, Huertos de Lolol
- Juan Antonio Soto Miranda, Equipo Técnico Prodesal Lolol (72)941202
- Jorge Quintero, Equipo Técnico Prodesal Pumanque y Paredones (72)824719
- Alvaro Gálvez, jefe de área Indap, Lolol
- Anibal Peñaloza, Acop (Asociación Comunal de Organizaciones Productivas)
- Christian Bravo Díaz (72)821451, Servicio Agrícola y Ganadero, Santa Cruz

El día de campo realizado en la unidad de Los Robles tuvo como resultado la participación de las instituciones detalladas a continuación:

- Hela López Fuenzalida, directora Liceo de Lolol (72)823767
- Juan Antonio Soto Miranda, Equipo Técnico Prodesal Lolol (72)941202
- Jorge Quintero, Equipo Técnico Prodesal Pumanque y Paredones (72)824719
- Oscar Carrasco, Universidad de Chile (2)6785727
- Loreto Burgos, Fundación para la Innovación Agraria (2)4313024
- Christian Bravo Díaz, Servicio Agrícola y Ganadero, Santa Cruz (72)821451
- Pedro Meza, Agricultor
- Raúl Medina

30 de noviembre de 2004

El día de campo se realizó en la unidad de Panamá, consistió en una charla informativa en las dependencias de la Ilustre Municipalidad de Santa Cruz (Salón Dideco) Anexo 12, para luego visitar en terreno la unidad. Para dicha actividad se entregaron invitaciones a instituciones de Santa Cruz, tales como: SAG, INDAP y CIAL. Además, se realizó difusión por medio de carteles dispuestos en paraderos de colectivos, supermercados, bombas de bencina de la ciudad Santa Cruz. Los asistentes al día de campo, fueron los siguientes:

- Luis Guajardo, CIAL (72-831094, curamahuel@yahoo.cl)
- Richard Leiva Herrera, CIAL (72-831094, leivarichard@yahoo.es)
- Francisco Araya Urriola, agricultor (092417702)
- Manuel Hormazábal R., SAG, (71-226842, manuelhormazabal@sag.gob.cl)
- Alfonso Ovalle, agrícola Baly (2-2450000, aovalle@barterhouse.cl)
- Rubén Brito, Agricultor (097670960)

- Eugenia Mujica Mujica, Sociedad Agrícola y Vitivinícola Millahue de Apalta (72-822931)
- Sergio Vilches Muñoz, agricultor (097670960)
- Rodrigo Montealegre, Viveros Parlier (090154576, rmonteal@puc.cl)
- Lorena Pinto, ANA Chile (2-8243725, 094332425, lpinto@puc.cl)
- Verónica Herrera, Univiveros (2-8241340, vherrera@univiveros.cl)
- Loreto Burgos, FIA (2-4313000, lburgos@fia.gob.cl)

21 de septiembre de 2005

Se realizó un día de campo en la unidad de San Pedro donde asistieron 18 personas. Se entregó información de los resultados del Proyecto (Anexo 13)

22 de noviembre de 2005

En la unidad de San Pedro asistieron 15 personas, productores y técnicos vinculados a la empresa Andesnut. El día de campo fue solicitado por ellos, con motivo del interés por conocer la experiencia chilena con variedades del tipo duras, como las que se cultivan en los países del área del Mediterráneo. Se produjo un muy buen intercambio de opiniones técnicas relativas al proyecto.

Visitas a unidades demostrativas

Octubre 2002 y 2003

La unidad de San Pedro fue visitada por el curso regular de Frutales de Hoja Caduca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. En terreno se explicó los alcances, objetivos y actividades del proyecto. 45 asistentes.

Presentaciones y charlas

28 y 29 de julio de 2004

Se difundió el proyecto en el III seminario internacional “Avances en la producción de almendras”, realizado en la Pontificia Universidad Católica (Anexo 14).

19 a 22 de octubre de 2004

Se presentaron dos trabajos al congreso agronómico: “Caracterización de la floración en ocho variedades de almendros” y “Descripción de la fenología y el desarrollo del fruto en dieciocho variedades de almendro”.

8 de abril de 2005

En Rancagua se realizó una presentación del proyecto en un taller, organizado por FIA.

11 a 14 de octubre de 2005

Aprovechando los primeros frutos, cosechados en marzo de 2005, se realizó un estudio de aceptabilidad de las diferentes variedades mediante un panel de degustación, trabajo que, junto a la memoria de título “Caracterización del desarrollo y de la demanda hídrica de almendros (*Prunus amygdalus* Batsch) ‘Desmayo Largueta’ en secano”, se difundieron en el Congreso Agronómico realizado en Chillán (Anexos 15 y 16).

Impactos del proyecto: descripción y cuantificación de los impactos obtenidos, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias.

Uno de los impactos producidos ha sido el interés de producir variedades españolas bajo condiciones de riego. Esto se pudo apreciar por el interés en este proyecto por parte de productores de almendras ligados a importantes empresas.

Otro de los impactos fue que la realización de un proyecto en Pistacho también en condiciones de secano en el que se basó, en parte, en nuestra metodología y evaluaciones.

Aprovechando el mismo enfoque, de hacer aprovechamiento de los recursos disponibles en el suelo, se han iniciado experiencias comerciales de agricultura en secano con avellano europeo, en el sur del país. Esto se considera, en parte, también consecuencia del proyecto.

Conclusiones y Recomendaciones

La experiencia acumulada a la fecha permite asegurar que es posible lograr establecer las plantaciones de secano, haciendo uso de las técnicas que se probaron en este estudio. Esto no sólo reviste importancia para este proyecto, donde las condiciones que se enfrentaron podrían considerarse extremas, esta recomendación también puede servir como base para la introducción de otros cultivos de nuez, con frutos de alto valor, en otras zonas productivas (el sur de Chile, con variadas especies, como castaños, avellanos, avellano europeo, etc), haciendo uso de las mismas técnicas.

Sin embargo, la plantación de árboles en secano enfrenta una situación de mayor inestabilidad que las plantaciones tradicionales de riego, la presión que existe por parte de animales silvestres y domésticos en época de verano, obliga a colocar especial atención, ya que los árboles se convierten en una interesante fuente de alimentación de éstos. Aparte de resguardar los huertos con cercos, es necesario cubrir el tronco de la planta, inclusive cuando son adultos (hasta la edad evaluada en este proyecto).

Se debe tener especial cuidado con elegir sectores en que no se sobresaturen de agua durante el invierno e inicios de primavera. De acuerdo a lo observado, incluso en zonas donde existe una gran pendiente, el subsuelo poco permeable, o los cambios bruscos de la textura del suelo pueden provocar una mala infiltración en el perfil y traer como consecuencia una acumulación excesiva de agua por un periodo muy largo que no resiste el frutal. Respecto a esto, en el futuro, incluso,

debería considerarse la construcción de obras de drenaje, si las condiciones de suelo así lo requirieran.

Los suelos del secano costero presentan bajos niveles de boro, se deberán realizar fertilizaciones, para mantener una adecuada producción y evitar problemas de calidad, como, por ejemplo, gomosis en los frutos.

Respecto a las condiciones climáticas de la zona estudiada, y dada la presencia de pelón adherido, sobretodo en la unidad de Santo Domingo, la zona a elegir para el cultivo debe ser mayoritariamente cálida, que genere un crecimiento rápido del fruto, de manera que este ocurra cuando todavía queda suficiente agua en el perfil y se garantice la división celular y el crecimiento del fruto tempranamente. Un desarrollo más lento del fruto, con grado de déficit al fin del desarrollo de la semilla, trae como consecuencia mala calidad de las semillas, problemas en la época de cosecha.

En cuanto a las variedades, Desmayo Largueta presenta una floración muy temprana y variable, no siendo recomendada mientras no se encuentre los polinizantes adecuados, que tengan características similares en cuanto a fecha y variabilidad de la floración. Ferragnes presenta un alto porcentaje de almendras con gomosis, probablemente exacerbado con la deficiencias de Boro muy posibles de encontrar en suelos graníticos sometidos a sequía, como los pertenecientes al secano. Tuono y Supernova son las más productivas, sin embargo Tuono posee un alto porcentaje de almendras dobles; por ello, si el destino es agroindustria, no importaría este aspecto de calidad. Marcona posee una buena producción y la almendra es muy sana, pero no tiene un polinizante, al menos dentro de los evaluados en este estudio; puede ser una interesante alternativa también para el riego. Nonpareil presenta un porcentaje muy alto de almendras “chupadas”, lo que indica que se afecta más con el estrés hídrico.

Respecto de los patrones, aquellos híbridos almendro-duraznero fueron los de crecimiento más rápido, por lo que serían aquellos que responden mejor, en especial GxN 22.

Como recomendación general, antes de masificar los resultados obtenidos hasta la fecha, y dada la falta de información acerca de los aspectos productivos, se considera que todavía queda por resolver algunos aspectos importantes, como es la productividad que se puede esperar sin efectos importantes en la calidad, especialmente la proporción de almendras “chupadas”, aspecto que en la última temporada se manifestó en forma importante especialmente en la unidad de Santo Domingo. Por esto, específicamente para este proyecto, se recomienda continuar con las evoluciones por un mayor periodo.

Otros aspectos de interés

Evaluación de defoliación

A fines de diciembre de 2003 se pudo observar, en las plantas de todas las unidades, una leve defoliación, por ello se evaluó el grado de defoliación mediante una pauta no estructurada de 0 a 15 cm, siendo 15 la condición de máxima defoliación (Anexo 17). La pauta no estructurada consiste en evaluar en una línea de 15 cm, caracterizando por distancia el grado de defoliación.

En las Figuras 32; 33; 34 y 35 se presentan los grados de defoliación evaluadas en tres fechas. Cabe destacar que todas las unidades demostrativas partieron con el mismo grado de defoliación (2 a 3 aprox.), sin embargo, a fines de marzo de 2004, la unidad de Santo Domingo triplicó el grado de defoliación, llegando a 9 (promedio general de la unidad), Los Robles y Panamá alcanzaron 4 a 5, y San Pedro, no se vio mayormente afectado. La defoliación presentada se explicaría por la presencia de roya (*Tranzhelia discolor*), ya que las unidades de Los Robles, Panamá y Santo Domingo (unidades que presentaron mayor defoliación) presentaron algún grado de daño (Cuadros 17 y 18), siendo Santo Domingo la más afectada. El daño por roya se evaluó, al igual que la defoliación, mediante una pauta no estructurada, de 0 a 15 cm.

Los Robles

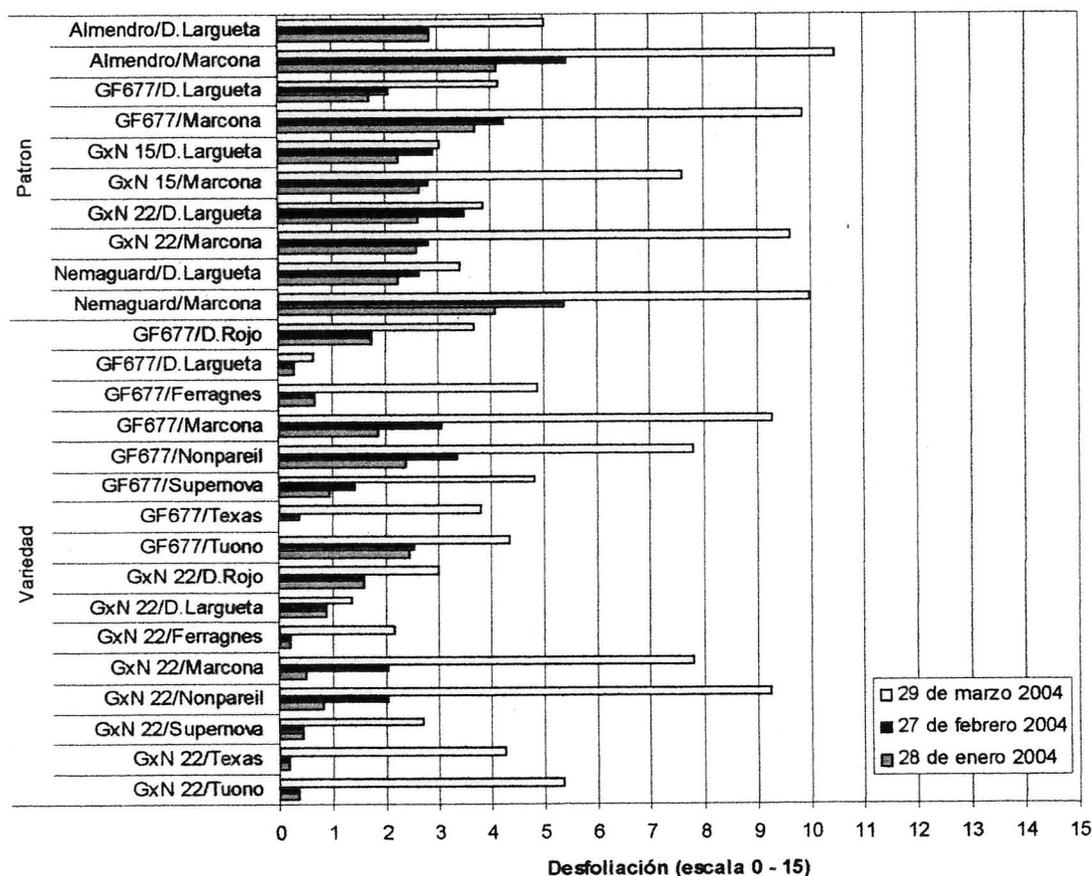


Figura 32. Defoliación observada en la unidad de Los Robles. Temporada 2004.

Panamá

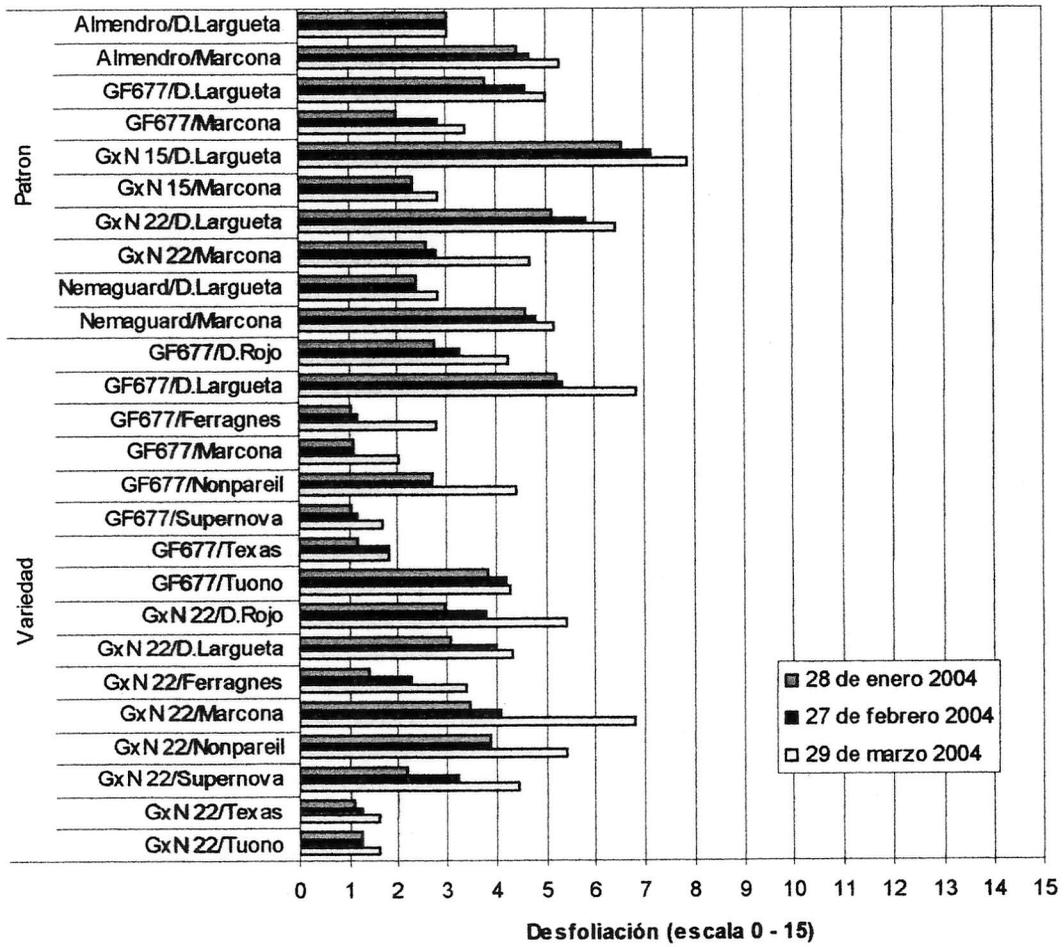


Figura 33. Defoliación observada en la unidad de Panamá. Temporada 2004.

San Pedro

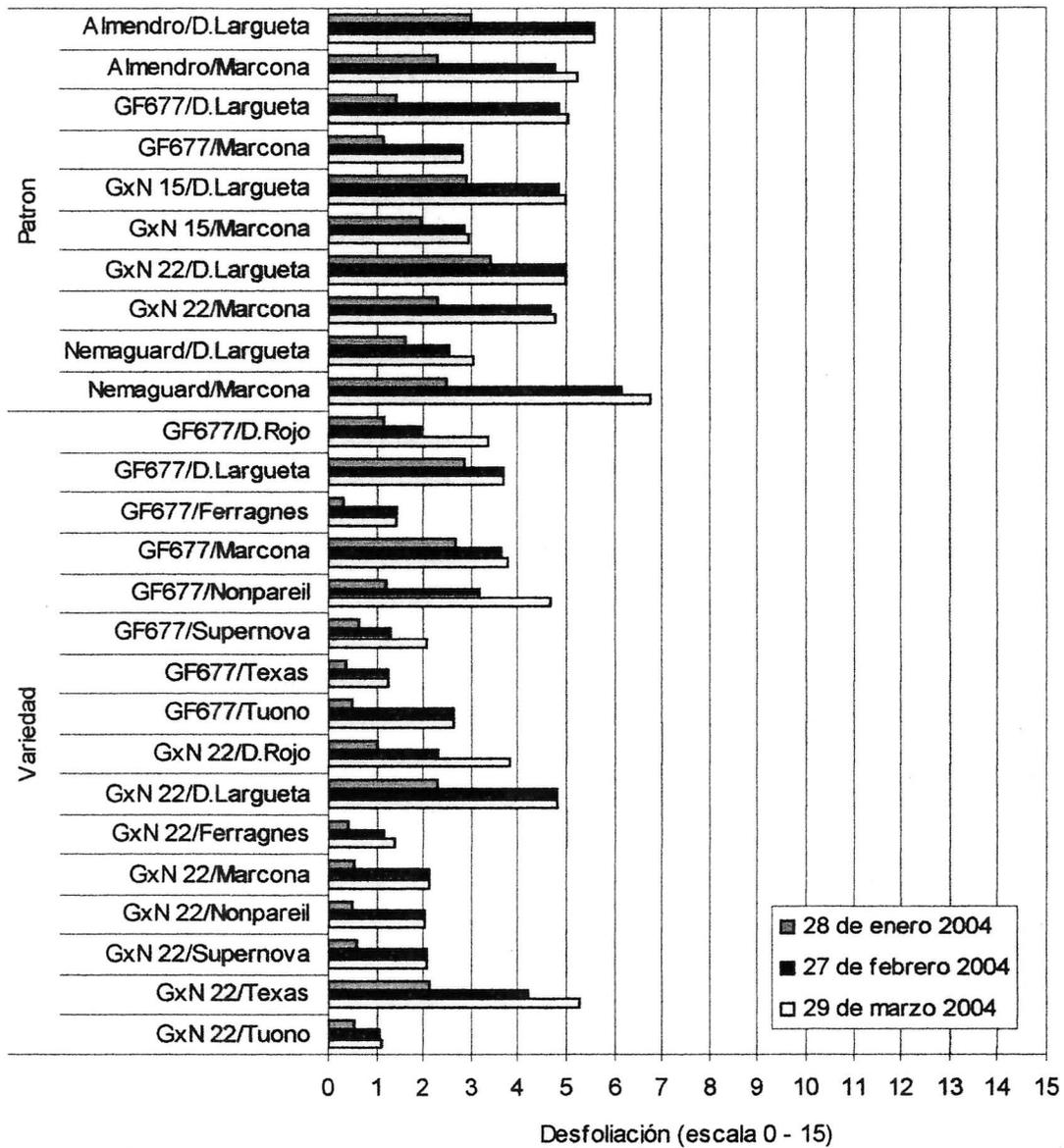


Figura 34. Defoliación observada en la unidad de San Pedro. Temporada 2004.

Santo Domingo

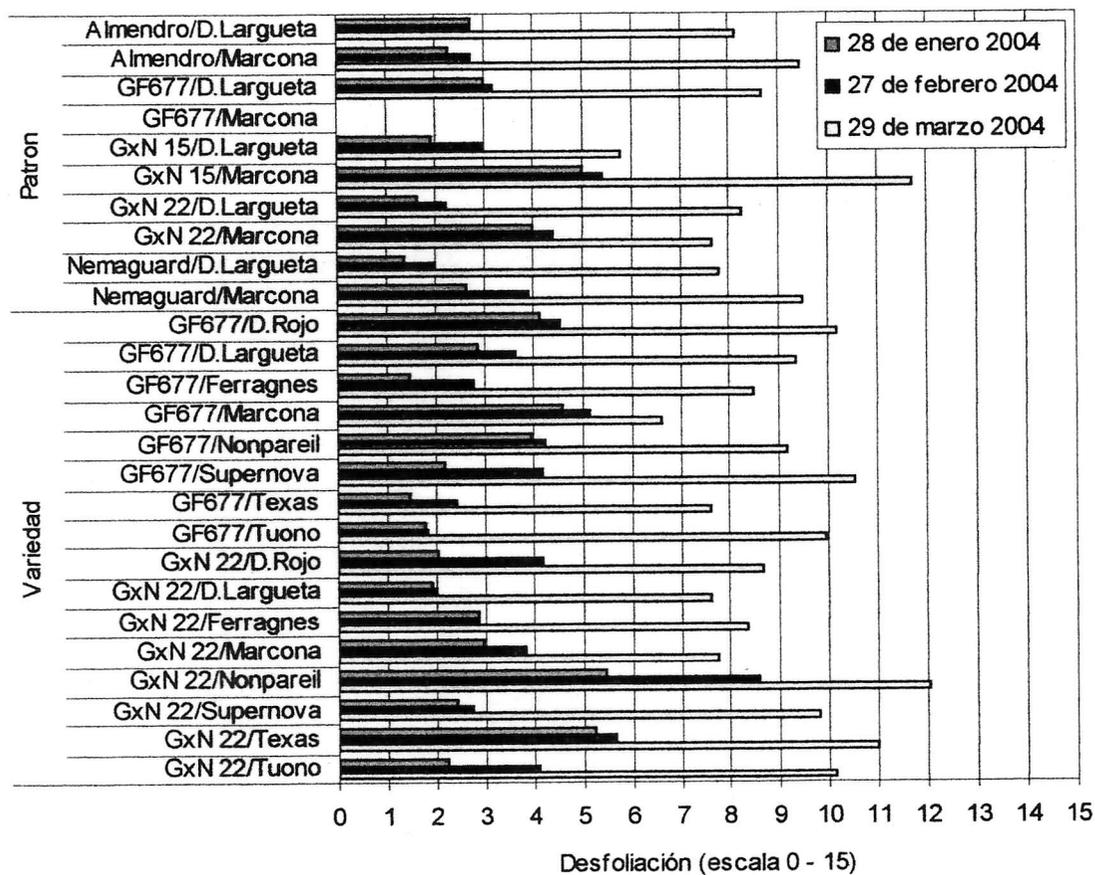


Figura 35. Defoliación observada en la unidad de Santo Domingo. Temporada 2004.

Cuadro 17. Daño por roya, para el ensayo de patrones en todas las unidades demostrativas. Pauta no estructurada de 0 a 15 cm.

Patrón	Variedad	Roya			
		Los Robles	Panamá	San Pedro	S. Domingo
-----Escala 0 - 15-----					
Almendo	D.Largueta	4,1 (5)	0,0 (2)	0,0 (1)	2,4 (2)
	Marcona	7,4 (6)	0,0 (2)	0,0 (2)	6,7 (3)
GF677	D.Largueta	4,0 (6)	0,0 (6)	0,0 (2)	0,9 (4)
	Marcona	5,9 (6)	0,0 (3)	0,0 (3)	--
GxN 15	D.Largueta	3,8 (6)	0,0 (6)	0,0 (4)	1,3 (3)
	Marcona	5,6 (5)	0,0 (4)	0,0 (4)	8,0 (3)
GxN 22	D.Largueta	2,4 (6)	0,2 (5)	0,0 (3)	1,3 (4)
	Marcona	4,1 (6)	0,3 (4)	0,0 (4)	2,9 (5)
Nemaguard	D.Largueta	4,1 (6)	0,0 (4)	0,0 (5)	1,9 (3)
	Marcona	3,6 (5)	0,0 (5)	0,0 (2)	3,5 (5)

-- No se dispone de plantas para evaluar

() Número de plantas evaluadas de un total de seis.

Cuadro 18. Daño por roya para el ensayo de variedades en todas las unidades demostrativas. Pauta no estructurada de 0 a 15 cm.

Patrón	Variedad	Roya			
		Los Robles	Panamá	San Pedro	S. Domingo
-----Escala 0 - 15-----					
GF677	D.Rojo	2,9 (5)	0,6 (4)	0,0 (5)	4,9 (6)
	D.Largueta	3,0 (5)	0,6 (6)	0,0 (4)	5,4 (5)
	Ferragnes	5,1 (5)	0,7 (4)	0,0 (5)	3,7 (6)
	Marcona	5,9 (6)	0,5 (4)	0,0 (3)	3,9 (3)
	Nonpareil	6,1 (5)	1,8 (3)	0,0 (6)	8,7 (6)
	Supernova	5,9 (5)	0,5 (4)	0,0 (6)	8,2 (6)
	Texas	0,9 (6)	0,0 (3)	0,0 (3)	5,2 (4)
	Tuono	6,5 (5)	2,7 (4)	0,0 (4)	7,9 (5)
GxN 22	D.Rojo	1,6 (6)	0,2 (5)	0,0 (6)	2,6 (4)
	D.Largueta	4,3 (5)	0,0 (5)	0,0 (5)	1,0 (4)
	Ferragnes	1,2 (6)	0,0 (4)	0,0 (4)	4,0 (4)
	Marcona	4,4 (6)	1,9 (6)	0,0 (3)	4,3 (6)
	Nonpareil	5,9 (6)	0,7 (5)	0,0 (6)	10,5 (5)
	Supernova	4,2 (6)	2,3 (6)	0,0 (6)	5,2 (5)
	Texas	2,3 (6)	1,3 (6)	0,0 (4)	4,6 (4)
	Tuono	2,6 (5)	1,7 (6)	0,0 (6)	7,6 (5)

-- No se dispone de plantas para evaluar.

() Número de plantas evaluadas de un total de seis.

Análisis nutricional de boro

En diciembre de 2004, en la unidad de San Pedro se observó almendras gomosas durante el crecimiento de los frutos de la variedad 'Ferragnes', es por esto que se realizó un análisis de Boro a mediados de enero de 2005. Se clasificaron diferentes grupos, mediante una pauta no estructurada, de niveles de daño visual; a cada grupo se realizó un análisis de Boro. No se detectó una correlación significativa entre los niveles de daño y la cantidad de Boro (Figura 13), es por esto que se realizó un nuevo análisis de Boro, muestreando frutos de todas las unidades demostrativas y de Univiveros, este último por ser un huerto de riego. En la Figura 37 se muestra que los niveles de Boro en las unidades son bajos en comparación al arboreto de Univiveros, lo que nos indicaría que la absorción de Boro se ve afectada bajo condiciones de secano, pero no permite concluir si ésta está relacionada al síntoma detectado.

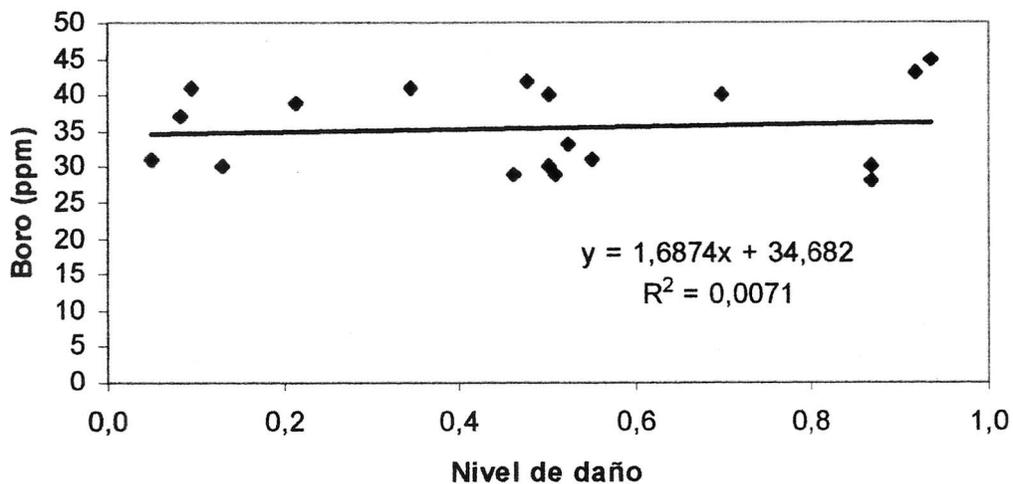


Figura 36. Correlación entre los niveles de daño y la cantidad de Boro.

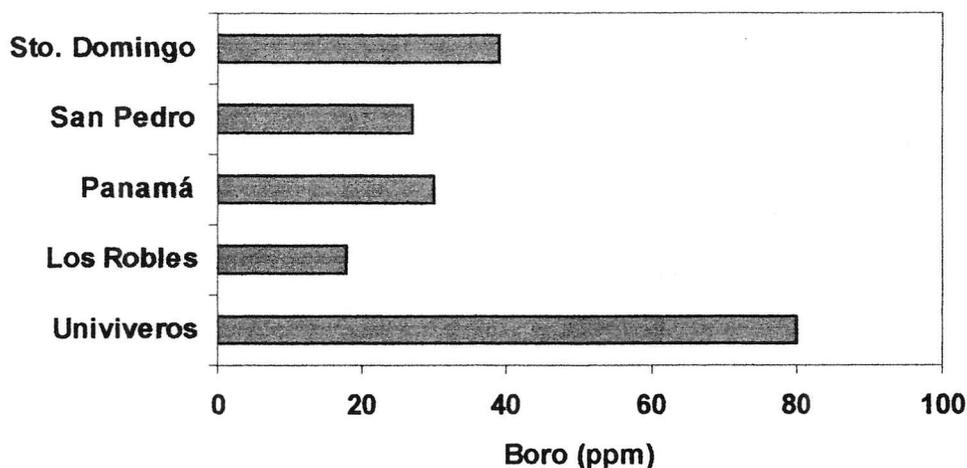


Figura 37. Cantidad de Boro (ppm) en las unidades demostrativas y en un huerto de riego (Univiveros). Temporada 2005.

Evolución sensorial

Con frutos cosechados en marzo de 2005 se realizó un análisis sensorial de las variedades. Se evaluó aceptabilidad, mediante el método de escala hedónica, con un panel no entrenado, compuesto por 12 personas. De igual forma, pero con un panel entrenado, se evaluó: aceptabilidad, apariencia, color, aroma, amargor, dulzor, astringencia, sabor, textura y dureza. La escala hedónica consistió en una línea continua de 15 cm, donde cada evaluador marcaba con una línea vertical su preferencia para cada una de las características. En la Figura 38 se muestra un análisis multivariado de componentes principales. Se pudo apreciar que 'Nonpareil' y 'Supernova' están asociadas por la apariencia, sabor, textura y aceptabilidad; 'Desmayo Largueta' y 'Desmayo Rojo' por el color; 'Texas' y 'Ferragnes' por el aroma y dulzor; 'Marcona' por el amargor y astringencia; 'Tuono', en cambio, no está asociada a ninguna característica en particular.

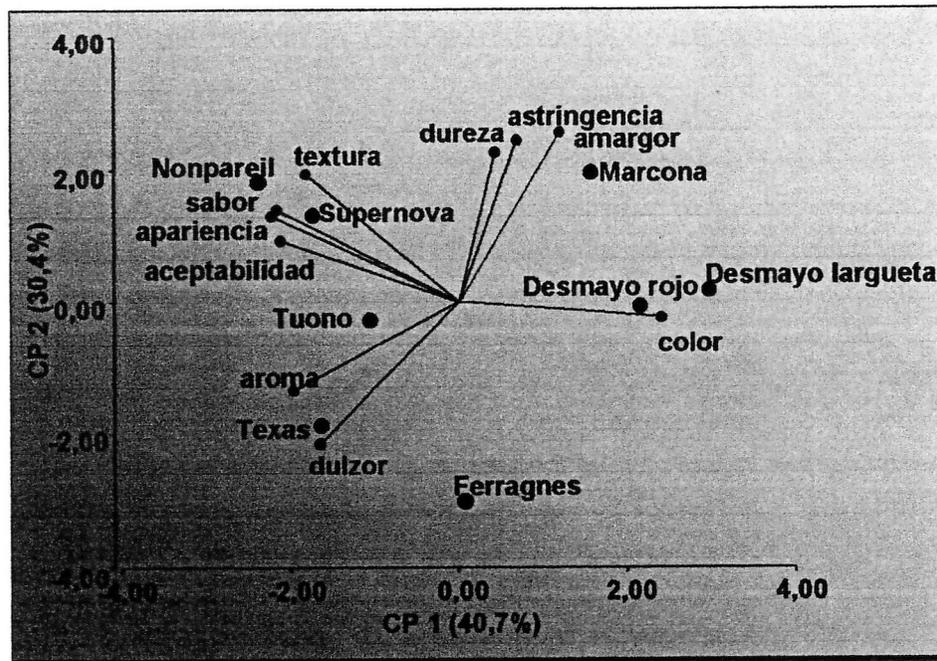


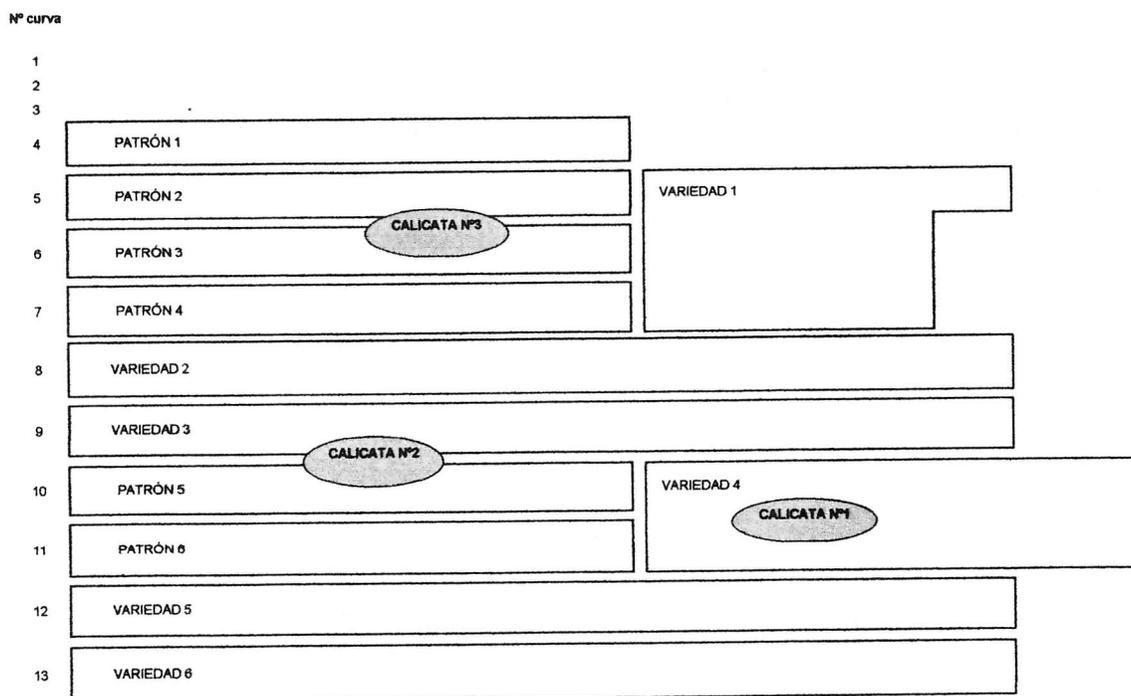
Figura 38. Análisis de componentes principales para características de las diferentes variedades de almendras en estudio.

Estudio de la compatibilidad genética de distintas variedades de almendros

Actualmente se encuentra en desarrollo una Memoria de Título de Ingeniero Agrónomo, en que se cruzaron flores de las distintas variedades con polen de estas mismas y a través de la observación del crecimiento del tubo polínico, en microscopio, se busca determinar cuales son compatibles entre sí.

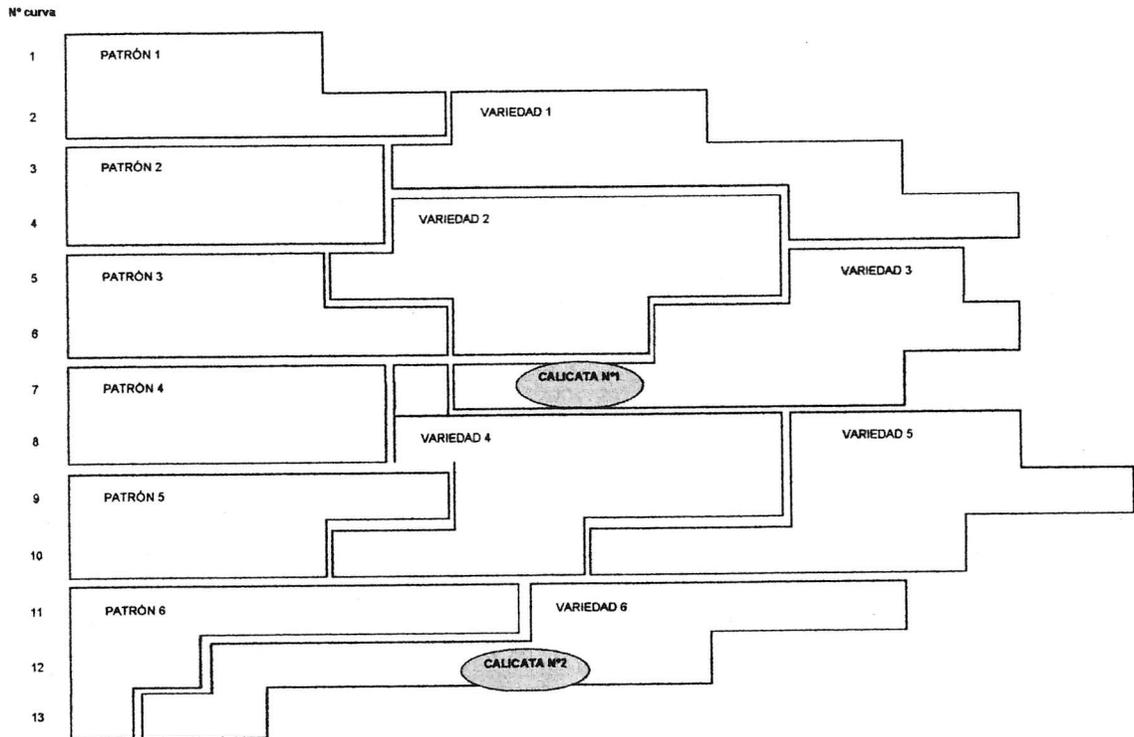
Anexos

LOS ROBLES



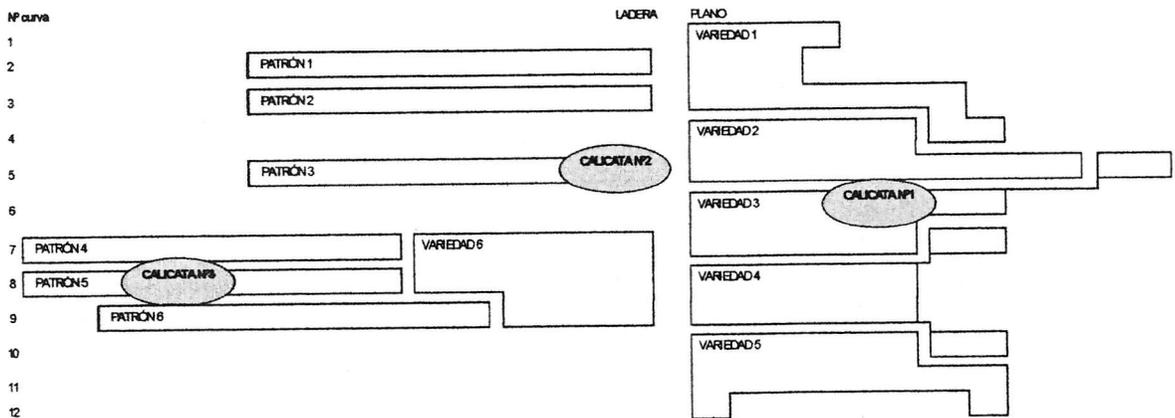
Anexo 1. Ubicación de las tres calicatas evaluadas en la unidad de Los Robles, y disposición de los bloques de ambos ensayos.

PANAMÁ

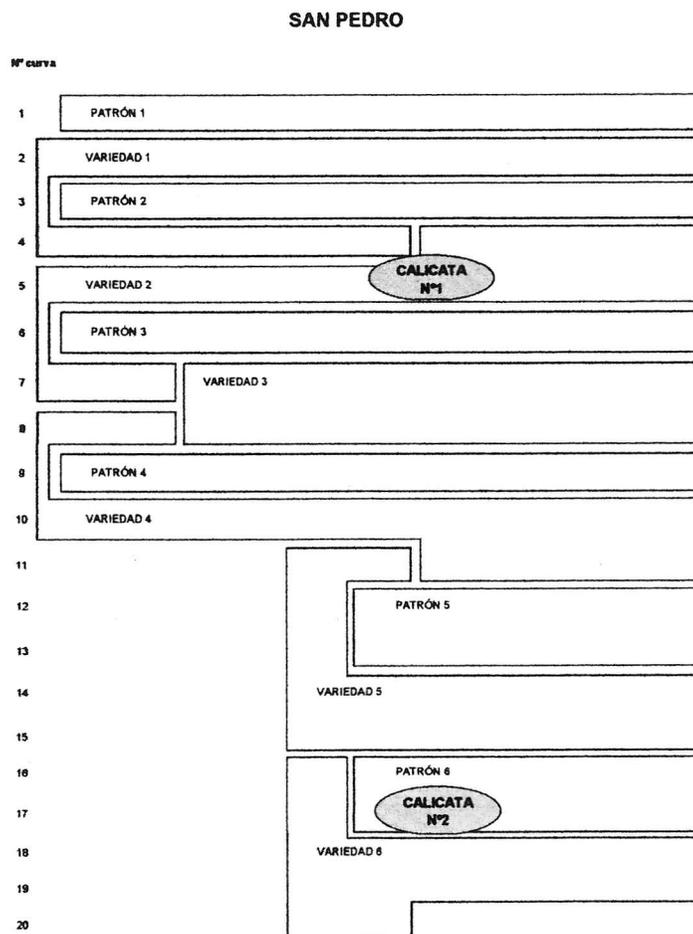


Anexo 2. Ubicación de las tres calicatas evaluadas en la unidad de Panamá, y disposición de los bloques de ambos ensayos.

S. DOMINGO



Anexo 3. Ubicación de las tres calicatas evaluadas en la unidad de Santo Domingo, y disposición de los bloques de ambos ensayos.



Anexo 4. Ubicación de las tres calicatas evaluadas en la unidad de San Pedro, y disposición de los bloques de ambos ensayos.



Anexo 5. Estados fenológicos del almendro (Universidad de California); yema dormida, puntas verdes, yema rosada, botón floral, abertura floral, floración, caída de pétalos y estado de "chaqueta".

Anexo 7. Memoria de título: “Método de calibración en laboratorio para sonda de capacitación, Diviner 2000”.



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN EN LABORATORIO
PARA SONDA DE CAPACITACIÓN,
DIVINER 2000**

CLAUDIO CARTER ANGUIA

SANTIAGO - CHILE

2006

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Al sentarme a escribir ésta página, una de las más importantes de mi memoria, se me viene una cantidad innumerable de personas y situaciones a la mente, algunas de ellas medias borrosas.

Primero quiero agradecer a muchas personas que conocí en mis años como Antumapino, donde encontré grandes amigos. Gracias a todo el departamento de Ingeniería y Suelos, profesores, secretarias y auxiliares. En especial a los profesores colaboradores y sobre todo a Don Julio, mi profesor guía, de quien además de correcciones recibí muchos consejos y orientación personal.

Otro grupo, al que quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer y expresar afecto, es un finísimo conjunto de personajes que ha estado conmigo en las buenas y en las malas desde hace ya muchos años. Paula, Katy, Esteban, Changa, Tolin, Walter, Gustavicius, Flaca, Merlucita, Philip, Gerardo, Andrete, Gurin, Malin, Eduardo, Javier y otras que prefiero ni nombrar.

Y por último, y muy emocionado, quiero agradecer a mi mamita y mi papito. Les quiero dar las gracias por todos estos años de amorosa dedicación y apoyo incondicional. Gracias por enseñarme a ver la vida como me enseñaron, por ayudarme a ser la persona que soy, se que para ustedes todo fue sacrificio, esfuerzo y amor y gracias a ustedes yo veo todo como belleza, diversión y mucho amor. Gracias a todos.

RESUMEN

Durante la temporada 2005 se desarrolló un método de calibración de laboratorio para el equipo FDR Diviner 2000, para transformar las lecturas relativas del equipo en valores absolutos del contenido de agua.

En los meses de enero y febrero de 2005 se llevaron a cabo las actividades en un suelo arcilloso, perteneciente a un predio agroforestal ubicado en la comuna de Lolol, Sexta Región, Chile. Se describió el perfil representativo, y se instalaron tres pares de tubos de acceso con diferente contenido de agua: bajo, intermedio y alto. Una vez que cada punto alcanzó el contenido de agua deseado, se procedió a tomar lecturas con el equipo y a partir de estos datos, siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante, se procedió a desarrollar la calibración en terreno por horizonte.

Entre abril y junio del año 2005 se desarrolló un método rápido y sencillo para la calibración del equipo en laboratorio. Todas las actividades fueron desarrolladas en los laboratorios de Hidráulica y de Riego de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Se trabajó con suelo de la serie Los Robles, extraído del sitio donde se realizaron las actividades de terreno. El método consiste en tamizar el suelo, secarlo al aire, separarlo en tres partes y agregarle agua diferenciadamente para obtener suelo con tres contenidos de agua distintos (puntos de trabajo). Luego el suelo fue empacado en contenedores plásticos, separadamente para cada horizonte y cada contenido de agua, compactándolo con un sistema de discos metálicos que ejercen una fuerza estandarizada sobre éste. Una vez terminado el proceso de empaque se procedió a tomar lecturas con el equipo FDR y tomar muestras de suelo para determinar su contenido real de agua y densidad aparente. Se procedió a formar pares entre estos datos y realizar así la curva de calibración a través del método de laboratorio. La ecuación de la curva de contenido volumétrico de agua v/s frecuencia normalizada, corresponde a la ecuación de calibración para cada horizonte. Este método no busca igualar la densidad aparente que tiene el suelo en terreno sino empacar el suelo de forma estandarizada a diferencia de otros métodos de calibración en laboratorio.

Con el método de laboratorio se obtuvieron ecuaciones de calibración capaces de realizar estimaciones certeras en la mayor parte de las pruebas realizadas.

Las ecuaciones resultantes de la calibración de laboratorio para los horizontes son:

$$\text{Horizonte A: } SF=0.5944 \Theta_w^{3.2885}, R^2=0,9842, RMSE=0,012 (\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}).$$

$$\text{Horizonte B: } SF=0.6331 \Theta_w^{3.6576}, R^2=0,9848, RMSE=0,020 (\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}).$$

ABSTRACT

A laboratory calibration method for the FDR Diviner 2000 was developed during the 2005 season. This method is intended to convert the Diviner 2000's relative reading to absolute values of water content.

Works were developed on clay soils located in an agro-forestry farm located in Lolol, Sixth Region, Chile. A descriptive profile was made and three pairs of water-intake tubes were installed. Each pair received a different volume of water, i.e., low, middle and high. Once each point reached the desired water level, Different readings were taken with the Diviner 2000 and from the data collected, following the manufacturer's recommendations, an in-site horizon calibration was made.

Between April and June, 2005 a fast and simple equipment calibration laboratory method was devised. All Works were conducted at the Hydraulic and Irrigation Laboratory of the Agronomy Sciences of the University of Chile. The type of soil used belonged to the Los Robles series, which was obtained from the same site where the in-site experiences were conducted. Such method consists of: sieving the soil, air-drying it, and separate it in three different portions to which different amounts of water is added in order to obtain soils with different levels of water content (points of work). Then the soil was packed in plastic containers, according to the horizon and water level content. Subsequently, the soil was compacted through a metal disc system which exerted a standardized force on the soil. Once this process was completed, new readings were taken with the FDR equipment and new soil samples were taken to compare their real water content and apparent density. The data collected was organized along reading pairs to draw the resulting calibration curve through the laboratory method. The water content curve equation vs the normalized frequency corresponds to the calibration equation for each horizon. This method does not pretend to meet the apparent density level of the soil in the site, but rather "pack up" the soil in a standardized manner unlike other methods of laboratory calibration.

This laboratory method produced various calibration equations capable of accurately estimating most of the tests conducted.

The resulting equations from the laboratory calibrations for the different horizons are:

Horizon A: $SF=0.5944 \Theta^{3.2885}$, $R^2=0,9842$, $RMSE=0,012$ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$).

Horizon B: $SF=0.6331 \Theta^{3.6576}$, $R^2=0,9848$, $RMSE=0,020$ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$).

INTRODUCCIÓN

Una estrategia de manejo para utilizar el agua correctamente es el seguimiento del contenido hídrico, para determinar cambios en el contenido de agua del suelo. Una de las técnicas más recientes es realizarlo utilizando equipos Frequency Domain Reflectometry (FDR), la que presenta ventajas como: rapidez, precisión, manejo digital de la información, etc. Sin embargo para que este instrumento funcione con precisión debe estar calibrado para cada suelo en particular. La calibración puede ser realizada en campo o laboratorio, y la elección del método depende de una serie de factores de orden práctico, principalmente el tipo de suelo.

La metodología de calibración en terreno se encuentra bastante desarrollada y por lo tanto existe una gran cantidad de información técnica disponible, no así la calibración en laboratorio que se encuentra en una etapa incipiente de desarrollo. Por lo anterior, este estudio busca desarrollar un método para la calibración de un equipo FDR en laboratorio.

Objetivos.

Desarrollar un método rápido y sencillo para la calibración de Diviner 2000 en laboratorio.

Los FDR, como Diviner 2000, basan su medición de la constante dieléctrica, para determinar el contenido de agua del suelo, midiendo el tiempo de carga de un condensador que utiliza al suelo como medio dieléctrico (<http://www.sowacs.com/sensors/whatistdrfdr.html>).

Al conectar los terminales de una fuente de alimentación a dos elementos metálicos paralelos, una cantidad de las cargas de la alimentación se desplazará a tales elementos. Si la alimentación es desconectada, una pequeña cantidad de energía eléctrica quedará almacenada en el arreglo y se irá liberando poco a poco según sea el material de las placas y las condiciones de aislamiento entre otros factores. La capacitancia es, entonces, la medida de la capacidad de almacenamiento de la carga eléctrica y está definida como la cantidad de carga almacenada por unidad de diferencia de potencial, expresada matemáticamente como:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde: Q es la cantidad de carga almacenada,
V el voltaje o diferencia de potencial aplicado y
C la capacitancia medida en Faraday
(<http://www.la-cantina.tripod.com/documentos/Capacitancia.doc>).

Para un condensador de placa paralela, la capacitancia es una función de la constante dieléctrica del medio entre las placas y se puede calcular a través de:

$$C = \frac{K * A}{S} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde: A es el área de las placas y
S es la separación entre las placas.
K es la constante dielectrica.

Dado que A y S son valores fijos, el tiempo de carga del condensador es una función lineal (idealmente) de la constante dieléctrica del medio que lo rodea y ésta presenta una relación directa con el contenido de agua del suelo.

Con frecuencia los sensores FDR (Figura 1) son confundidos con los sistemas TDR, pero difieren en varios aspectos, siendo los principales los siguientes: en primer lugar, aunque ambos miden la constante dieléctrica del suelo, la forma de hacerlo es distinta. Por un lado, como se dijo anteriormente, el sistema FDR mide el tiempo de carga de un condensador y esto es función de la constante dieléctrica del suelo que rodea al condensador, en cambio, el

del suelo (o a cualquier otra temperatura específica) y a una altura dada y constante. Puesto que la elevación del reservorio de referencia puede ser definida a voluntad, el potencial determinado por comparación con este estándar no es absoluto, consecuentemente a través del empleo de un criterio arbitrario se puede determinar la magnitud relativa de la energía potencial específica del agua en diferentes lugares o tiempos dentro del suelo (Hillel, 1971).

El agua en el suelo está sujeta a numerosas fuerzas, las que hacen que su potencial difiera del potencial de agua pura y libre. Algunas de las fuerzas que reducen el potencial del agua son: la atracción de la matriz sólida por el agua, la presencia de solutos, la acción de presión de gas externa y la gravedad. De acuerdo a esto el potencial total de agua del suelo puede ser definido como la suma de las contribuciones por separado de esos varios componentes (Hillel, 1971):

$$\Phi_t = \Phi_g + \Phi_m + \Phi_n + \Phi_o \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde: Φ_t = Potencial total del agua del suelo, se define como la cantidad de trabajo por unidad de masa que se debe realizar para transportar una cantidad infinitesimal de agua desde un reservorio de agua pura, ubicado a una altura determinada y a presión atmosférica, a un punto específico del suelo (Hillel, 1971).

Φ_g = Potencial gravitacional, es la cantidad de trabajo por unidad de masa que se debe realizar, para transportar una cantidad infinitesimal de agua, idéntica en composición a la del suelo, desde un reservorio ubicado a una altura determinada y a presión atmosférica, a una fuente similar pero a la altura de un punto específico del suelo.

Φ_n = Potencial neumático, se refiere al efecto de una presión de gas externa, que difiere de la presión atmosférica, sobre el estado energético del agua.

Φ_o = Potencial osmótico, es la cantidad de trabajo que se debe realizar para transportar una cantidad infinitesimal de agua desde un reservorio de agua pura, ubicado a una altura específica y a presión atmosférica, a otro reservorio idéntico en composición al del agua del suelo del punto en consideración, pero igual al del punto de referencia en todos los otros aspectos (altura y presión) (Canadian Soil Information System, 2001).

Φ_m = Potencial mátrico, corresponde al efecto de la fase sólida sobre el estado energético del agua en los sistemas suelo-agua y cuantifica la energía de retención del agua por la matriz porosa (Benavides, 1994).

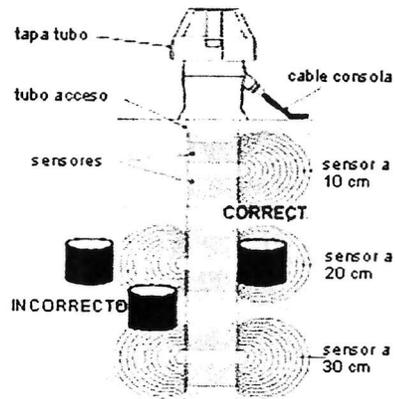


Figura 2. Posicionamiento de los anillos de muestro. (Fuente: Sentek, 2001)

- La instalación de los tubos de acceso debe disturbar el suelo lo menos posible y permitir que suelo y tubo queden en íntimo contacto (evitar bolsas de aire en contacto con el tubo). En la Figura 3 se esquematiza una instalación deficiente.

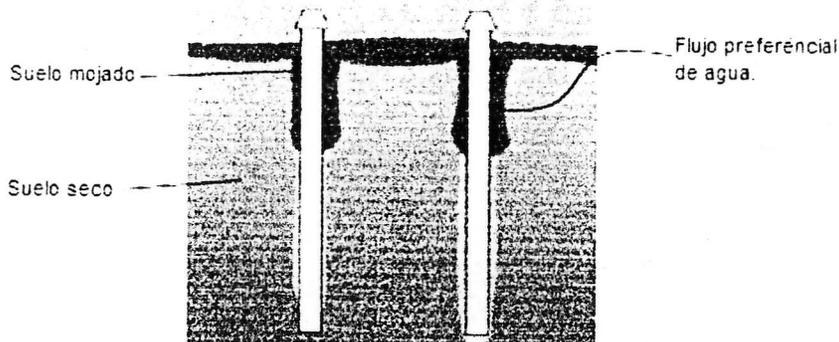


Figura 3. Problemas de instalación tubos de acceso. (Fuente: Sentek, 2001)

- Se debe lograr un amplio espectro de contenidos de agua en el suelo a medir, que permita que el instrumento tome mediciones desde suelo seco hasta cercano a

Experiencias de calibración en laboratorio

Si bien la técnica de determinar el contenido de agua presente en un suelo a través de la capacitancia tiene ya varias décadas, el desarrollo de técnicas de calibración en laboratorio para instrumentos FDR es relativamente incipiente, existiendo muy poca información disponible sobre calibración en laboratorio para Diviner 2000 (Paltineanu y Starr., 1997).

Paltineanu y Starr (1997), con muestras tomadas con cilindro a 2,5 mm de distancia del tubo de acceso, obtuvieron una baja variabilidad en densidad aparente, contenido gravimétrico, contenido volumétrico de agua y escala de frecuencias (SF) con CV entre 0,5 - 2,9%, 0,2 - 2,8% , 0,5 - 3,4% y 0,0054 - 0,065% respectivamente. Además, lograron gran concordancia en la relación SF v/s contenido volumétrico de agua.

Por su parte Groves y Rose (2004), en seis suelos diferentes dentro del Reino Unido, lograron regresiones altamente significativas, mostrando que la calibración del equipo en laboratorio entrega estimaciones precisas de contenido volumétrico de agua en suelos homogéneos. Es importante señalar que los resultados no se cotejaron en terreno.

Si bien en los estudios mostrados anteriormente se aprecian resultados satisfactorios, otras investigaciones sugieren que la heterogeneidad intrínseca del suelo en terreno puede afectar negativamente la precisión de estos métodos (Starr & Paltineanu 1998; Chanzy *et al.* 1998).

Para lograr los contenidos de agua deseados en el suelo, en el sector de los tubos del P1 se sembró maíz, para extraer el agua del suelo; el P2 se analizó con el contenido de agua presente en el suelo y el suelo del P3 fue completamente saturado con un riego por inundación, esperando 48 horas para drenar el suelo antes de tomar las muestras.

2.- En cada punto de muestreo se procedió a tomar lecturas de las frecuencias cada 10 cm de profundidad, repitiendo tres lecturas por cada profundidad.

3.- Las lecturas de frecuencia leídas fueron convertidas a lecturas de frecuencias normalizadas (SF) según la siguiente fórmula:

$$SF = \frac{(FA - FS)}{(FA - FW)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde: FA = Lectura realizada por el Diviner 2000 en un tubo de PVC al aire.

FW = Lectura realizada por el Diviner 2000 en un tubo de PVC sumergido en agua.

FS = Lectura en un tubo de PVC en el suelo a cada profundidad en particular.

4.- Inmediatamente después de obtenidas las lecturas con el equipo, se construyó un foso hasta la profundidad máxima que se logró enterrar los tubos de acceso al lado de cada tubo, a una distancia que impidió que el suelo a medir se disturbara (30 cm).

5.- A través de este foso, se tomaron dos muestras de suelo con cilindros metálicos, en cada repetición a cada profundidad medida, garantizando que la muestra fuera tomada dentro del radio de influencia del sensor, es decir, 10 cm.

6.- Se determinó el contenido de agua de cada muestra de suelo por gravimetría y su densidad aparente por el método del cilindro.

7.- Se obtuvo una curva de calibración y mediante análisis de regresión se determinó el coeficiente de determinación (R^2). La curva utilizada fue de la siguiente forma:

$$SF = A\Theta_w^B + C \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde SF = conteo de frecuencia normalizada.

Θ_w = contenido de agua en el suelo.

A, B = constante.

C = constante. Como el valor C obtenido fue siempre cercano a cero la ecuación utilizada ni incluye este término.

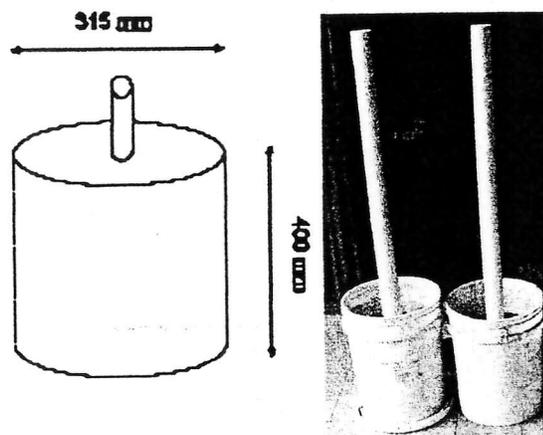


Figura 7. Esquema y fotografía del contenedor plástico, con el tubo de acceso de PVC.

5.- Se colocaron capas de 3,5 litros de suelo en el contenedor los que fueron esparcidos formando una capa de espesor uniforme de 5 cm, las que fueron compactadas utilizando un disco metálico de 7.5 kg. de peso, el cual se dejó caer a través de dos rieles metálicos desde una altura de un metro, sobre otro disco metálico ubicado sobre la superficie del suelo ejerciendo así una fuerza de 7,5 newton sobre éste (Figura 8). El disco fue lanzado 5 veces para el suelo seco y tres veces para los suelos húmedos. Las capas se aplicaron hasta llenar los contenedores.

En la Figura 8 se muestra el proceso de compactación.

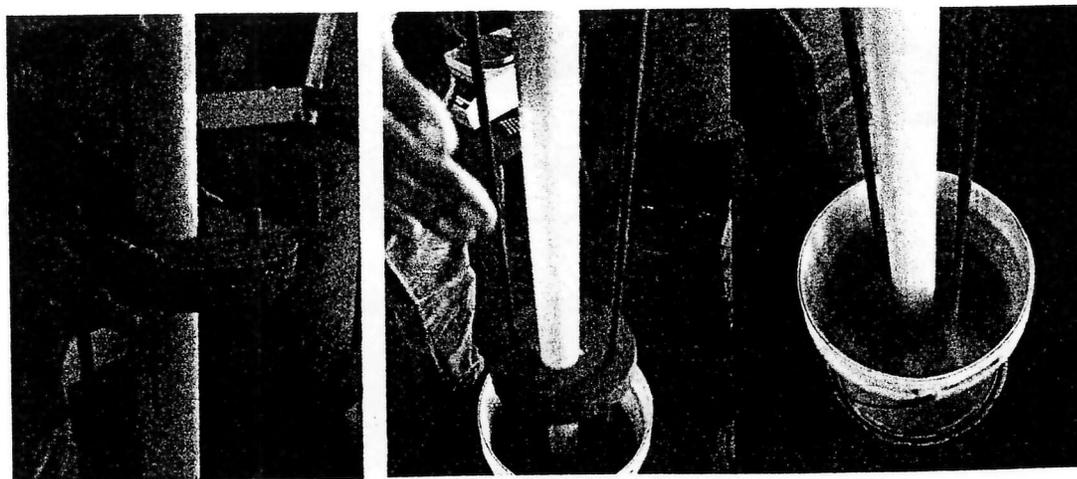


Figura 8. Secuencia de compactación con discos metálicos.

Despejando el contenido volumétrico, de la ecuación 5, se obtiene:

$$\Theta_w = (SF/A)^{1/B} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Para cada ecuación se determinó el error estándar de la estimación (RMSE) entre el contenido de agua real de las muestras y lo estimado a través de las ecuaciones de calibración, mediante la siguiente ecuación (Berenson y Levine, 1997):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{(n - 2)}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde: RMSE= Error estándar de la estimación de las lecturas.

y = Contenido de agua real de las muestras ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)

\hat{y} = Contenido de agua estimado al utilizar las ecuaciones de calibración

n = Número de muestras

Como forma de evaluación del método se comparó el contenido real de agua con lo estimado por las distintas opciones de calibración. Se compararon las estimaciones de las ecuaciones de calibración obtenidas en este estudio y otras ecuaciones desarrolladas en condiciones semejantes por diversos autores.

Con respecto a la estimación del contenido de agua del suelo, los distintos análisis se explican en el Cuadro 1:

Análisis	Variable a obtener.
Comparación de las lecturas del instrumento con cada una de las ecuaciones de calibración. Separadamente para los Horizonte A y B.	Error estándar de la estimación (RMSE) entre el contenido real de agua en cada horizonte y lo determinado por el equipo a través de cada opción de calibración.
Comparación de las estimaciones de agua presente en el horizonte A y B usando cada una de las ecuaciones de calibración.	Variación porcentual entre el contenido real de agua en el horizonte y lo determinado por el equipo a través de cada opción de calibración.
Comparación de las lecturas de las opciones de calibración a distintos niveles de contenido de agua en el suelo.	Promedio de la variación (en valor absoluto), entre el contenido real de agua de las muestras y lo estimado por el equipo, para cada nivel de agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ecuaciones de calibración.

A pesar de que SF es en realidad la variable dependiente en esta calibración, fue tratada como variable independiente porque su aplicación fue derivar contenido de (Θ_w) a partir de las frecuencias medidas. Se eligió representar la curva a través de una función potencial ya que ésta presenta un alto ajuste, lo que es coincidente con Groves y Rose (2004) y Paltineanu y Starr (1997).

En el Cuadro 4, se presentan cinco ecuaciones de calibración. Universal corresponde a una calibración desarrollada por el fabricante del instrumento realizada en varios suelos Australianos (Sentek, 2001); Laboratorio y Terreno corresponden a las calibraciones desarrolladas en laboratorio y en terreno de este estudio; Groves (Groves y Rose 2004), estudio desarrollado en UK, correspondiente a un suelo arcilloso semejante al suelo con que se trabajó en este estudio; Fresno corresponde a una calibración realizada en suelos Californianos por Mead *et al.* (1995).

Todas las ecuaciones, aquí presentadas, son de la siguiente forma:

$$SF = A\Theta_w^B \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde SF = conteo de frecuencia normalizada.

Θ_w = contenido de agua en el suelo.

A = constante.

B = constante.

Contenido de agua real del suelo empacado y estimación con el equipo.

Al comparar la altura de agua (h) estimada con el instrumento para cada horizonte, con el contenido real de agua presente en el suelo empacado en laboratorio, determinado por el método gravimétrico, se aprecia para el Horizonte A, que la alternativa de calibración más precisa es la de laboratorio, con la menor variación porcentual respecto al Θ_w real, en todos los puntos de trabajo. Sin embargo, Laboratorio sobreestimó en contenido de agua presente en suelo seco en un 7% (Punto 1); y subestimó el contenido de agua presente en el suelo con contenido intermedio y alto de agua en un 10% y 5% respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estimaciones de h con diferentes curvas de calibración, para los diferentes contenidos de agua seleccionados y horizontes.

Punto de trabajo	h Real (mm)	h estimado universal (mm)	Variación (%)	h estimado terreno (mm)	Variación (%)	h estimado lab. (mm)	Variación (%)	h estimado Groves (mm)	Variac. (%)	h estimado Fresno (mm)	Variac. (%)
HORIZONTE A											
P1	13,1	14,2	8	12,2	-7	14	7	11,4	-13	30,5	133
P2	45,6	38,2	-16	56,1	23	41,2	-10	35,5	-24	59,6	31
P3	87,9	80,3	-9	176,3	101	92,7	5	79,2	-10	98,7	12
HORIZONTE B											
P1	10,0	13,2	32	5,16	-48	10,6	6	11,6	16	30,7	107
P2	42,5	38,0	-10	30,1	-29	39,0	-8	37,5	-12	62,7	48
P3	82,9	75,5	-9	94,88	15	87,9	6	80,9	-2	100	21

La estimación obtenida por la ecuación Universal es la segunda más precisa para el Horizonte A presentando un error de estimación total de 33%, seguida por la calibración Groves que presenta un error de 47%.

La estimación obtenida a través de la ecuación Fresno presenta una alta variación con respecto al contenido de agua real, presumiblemente debido a que fue desarrollada en suelos muy distintos a los analizados en este estudio.

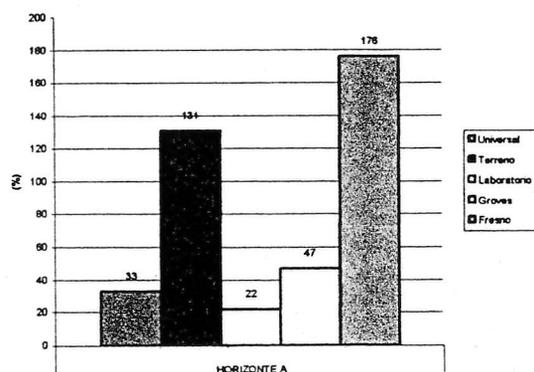


Figura 10. Error total de estimación para las diferentes ecuaciones de calibración para el Horizonte A.

Al descomponer la variación total de la estimación de cada alternativa de calibración, se aprecia el rango de contenido de agua en que el instrumento es más preciso (Figura 11). Se aprecia que Fresno y Terreno muestran marcados errores de estimación en rangos extremos de contenido de agua, a diferencia de las otras calibraciones, las que presentan errores más uniformes en todos los niveles de contenido de agua del suelo.

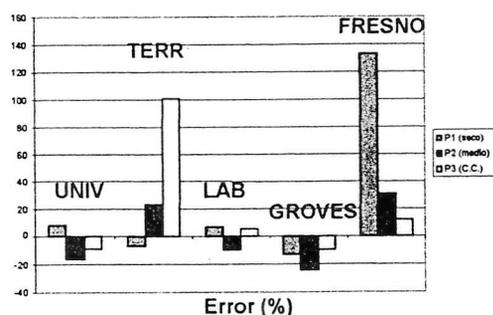


Figura 11. Error de la estimación de las diferentes ecuaciones de calibración para el Horizonte A, desglosada por puntos de trabajo.

Respecto del Horizonte B, la precisión de las alternativas de calibración es, en orden decreciente: Laboratorio con una variación total de 20%; Groves con 30%; Universal, con 51%; Terreno con 92 % y, por último, Fresno, con 175% (Figura 12).

Comparación entre el contenido de agua real medido en terreno y las estimaciones entregadas por el equipo.

Los contenidos de agua determinados en condiciones de laboratorio pueden no ser validos al ser usados en terreno, sin embargo, tanto Groves y Rose (2004) como Paltineau y Starr (1997), no incluyen este análisis en sus respectivos ensayos.

En este ensayo, al estimar la altura de agua (mm) para el horizonte A, y compararla con el contenido real de agua presente en el suelo sin disturbar en terreno, determinado por el método gravimétrico, se aprecia que la alternativa de calibración mas precisa es Terreno, ya que presenta la menor variación porcentual con respecto al Θ_w real, en todos los puntos de trabajo. La alternativa de Terreno estimó en forma casi exacta el contenido de agua presente en suelo seco (Punto 1) y sobreestimó en un 8,1% y 5% el contenido de agua presente en el suelo con contenido intermedio y alto respectivamente.

Cuadro 6. Estimaciones del contenido de agua en el suelo por las diferentes ecuaciones propuestas para ambos horizontes.

Punto de trabajo	h Real (mm)	h estimado universal (mm)	Variación (%)	h estimado terreno (mm)	Variación (%)	h estimado lab. (mm)	Variación (%)	h estimado Groves (mm)	Variac. (%)	h estimado Fresno (mm)	Variac. (%)
HORIZONTE A											
P1	36,7	11,2	-69,5	37,0	0,6	30,7	-16	9,8	-73	19	-48,0
P2	38,9	12,2	-68,7	42,1	8,1	33,6	-13	10,8	-72	20,2	-48,0
P3	56,8	14,3	-74,7	54,0	-5	40,0	-29	12,9	-77	22,5	-60,3
HORIZONTE B											
P1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
P2	49,2	18,7	-61,8	81,8	66,4	53,8	9,4	17,5	-64,5	27,0	-44,9
P3	81,2	29,6	-63,5	164,8	103	88,4	8,8	29,0	-64,2	36,8	-54,6

La estimación obtenida por Laboratorio fue la segunda más precisa para el Horizonte A presentando estimaciones aceptables para los puntos 1 y 2 y estimaciones con una alta

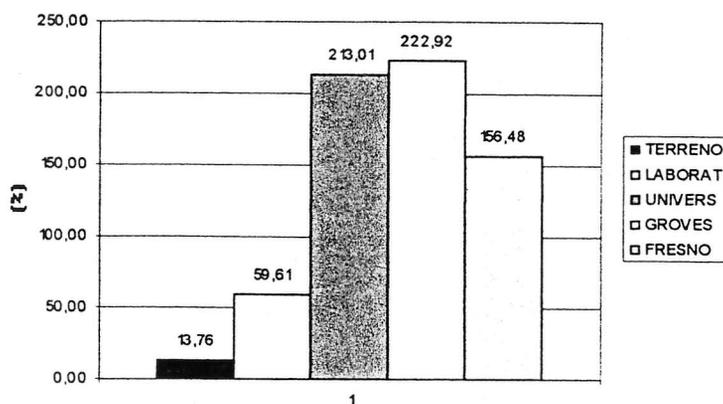


Figura 14. Error total de estimación de las diferentes ecuaciones de calibración para el Horizonte A.

Al descomponer la variación total, se aprecia que el instrumento es más preciso para Fresno y Laboratorio en el rango medio a seco; para Terreno en los rangos extremos; y para Universal y Groves similarmente impreciso en todos los rangos de contenido de agua.

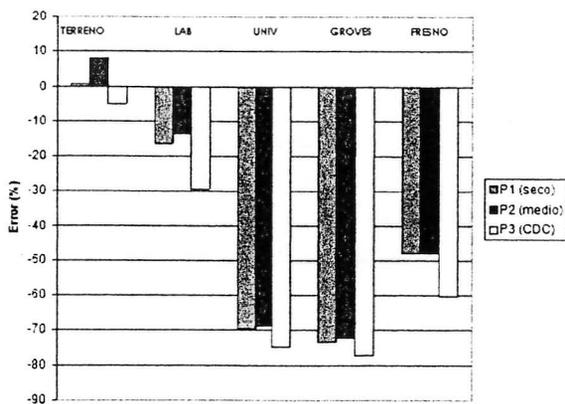


Figura 15. Error de la estimación de las diferentes ecuaciones de calibración para el Horizonte A, desglosado, por contenido de agua.

Evaluación del método de empaque.

La baja desviación estándar observada en la densidad aparente de los puntos de trabajo del Horizonte A, indican que el método de empaque logra un alta uniformidad de compactación, con desviación estándar entre 0,038 y 0,05, valores bastante menores a lo informado por la literatura (Groves y Rose 2004); (Paltineanu y Starr., 1997).

Cuadro 7. Densidad aparente y grado de uniformidad alcanzado en el empaque de diferentes suelos con diferentes contenidos de agua. (n=9)

Contenido de agua	Densidad aparente	
	Horizonte A	Horizonte B
	g.cm^{-3}	
Bajo	$1,35 \pm 0,05$	$1,31 \pm 0,05$
Medio	$1,23 \pm 0,04$	$1,23 \pm 0,04$
Alto	$1,34 \pm 0,04$	$1,48 \pm 0,04$

Cada celda indica el promedio \pm desviación estándar.

CONCLUSIONES

- El método de calibración en laboratorio, desarrollado en este estudio, es capaz de entregar resultados precisos.
- El método de mojamiento de suelo evaluado logra un homogéneo mojamiento del mismo y es posible la obtención de lecturas en todo el rango de contenidos de agua requerido para la calibración.
- El método de empaque de suelo evaluado logra una alta uniformidad de compactación.
- Ante una deficiente calibración de terreno es recomendable la utilización de la ecuación de calibración Universal, la que mostró un buen ajuste a este tipo de suelo.
- Analizando el Horizonte B, el cual se encontraba sin disturbar, la calibración de laboratorio presenta un error total de 18 %, la que al ser comparada con la calibración en terreno reduce el error en un 151 %.
- El método de calibración en laboratorio presenta buenos resultados al ser aplicado en terreno, siempre que el suelo se encuentre sin disturbar.
- No se puede aplicar cualquier ecuación a cualquier suelo ya que se pueden obtener resultados muy poco precisos.

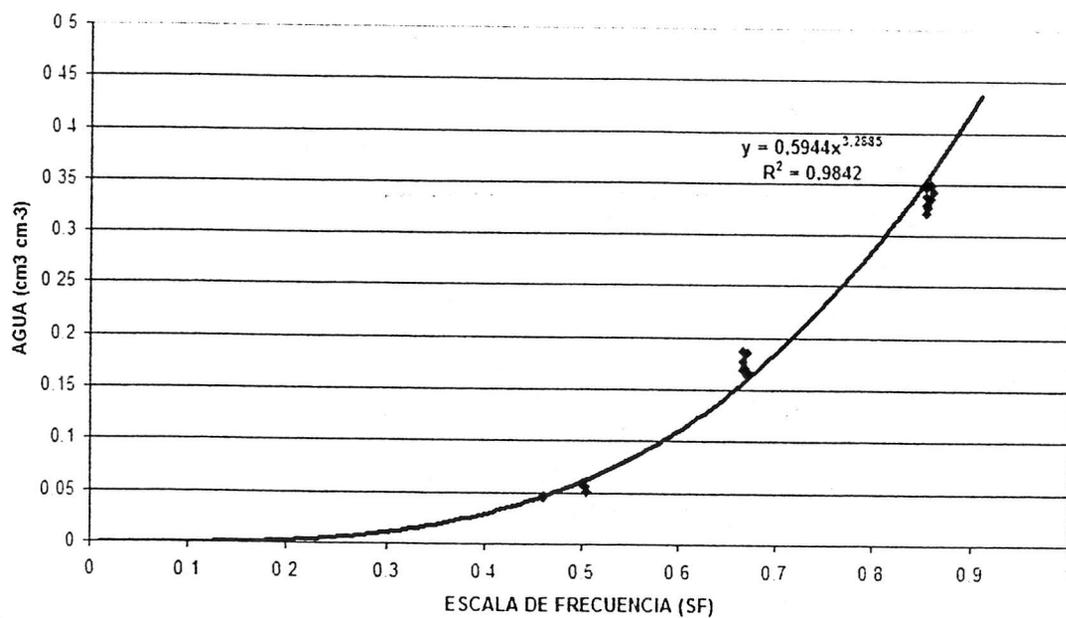
STARR J.L. AND PALTINEAU I.C. 1998. Soil water dynamics using multisensor capacitance probes in nontraffic interrows of corn. *Soil Sci. Soc. Am.*J. 62: 114-122 (1998).

CHANZY A, CHADOEUF J, GAUDU J.C. MOHRATH D. RICHARD G & BRUCKLER L. 1998. Soil Moisture monitoring at the field scale using automatic capacitance probes. *European Journal of Soil Science* 49, 637-648..

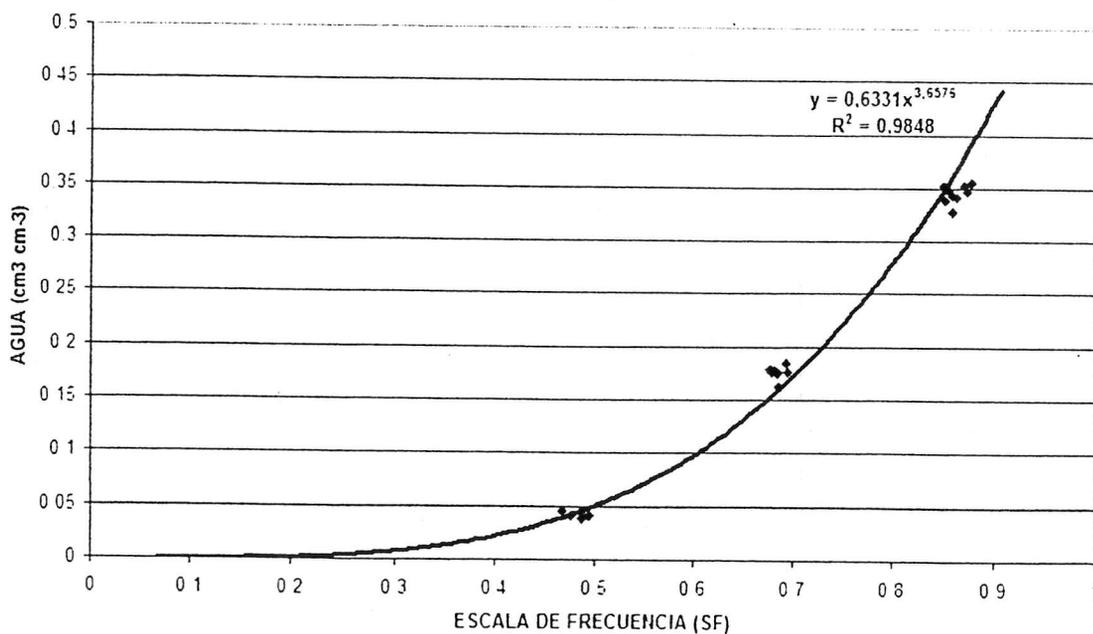
BERENSON, M., LEVINE, D. 1996. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. Prentice Hall, Mexico, Hispanoamericana. 943 p.

Apéndice II. Curvas de calibración generadas para cada horizonte.

CURVA CALIBRACION LAB. HA

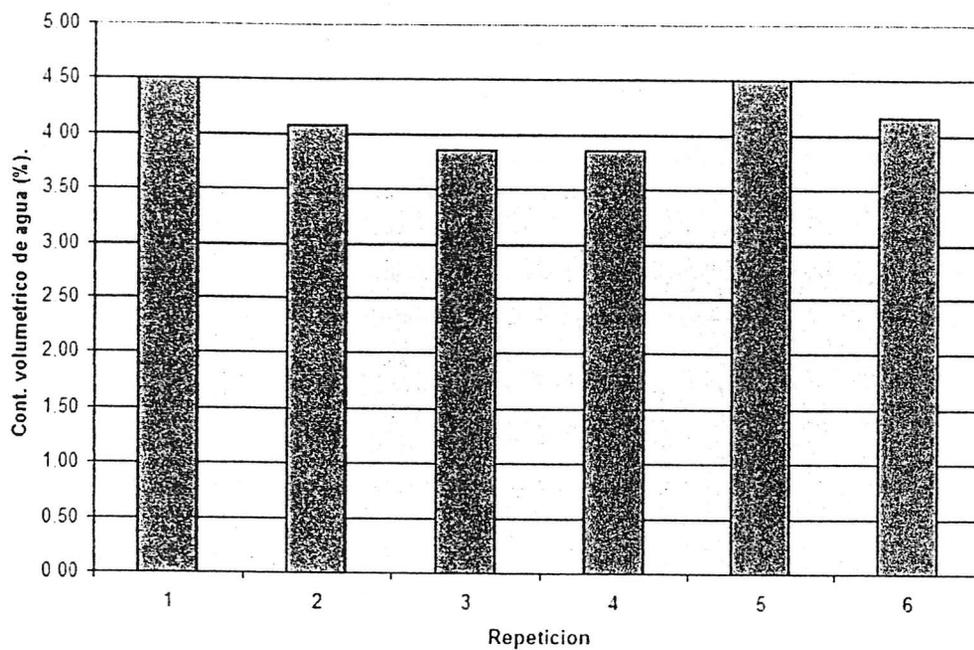


CURVA CALIBRACION LAB. HB

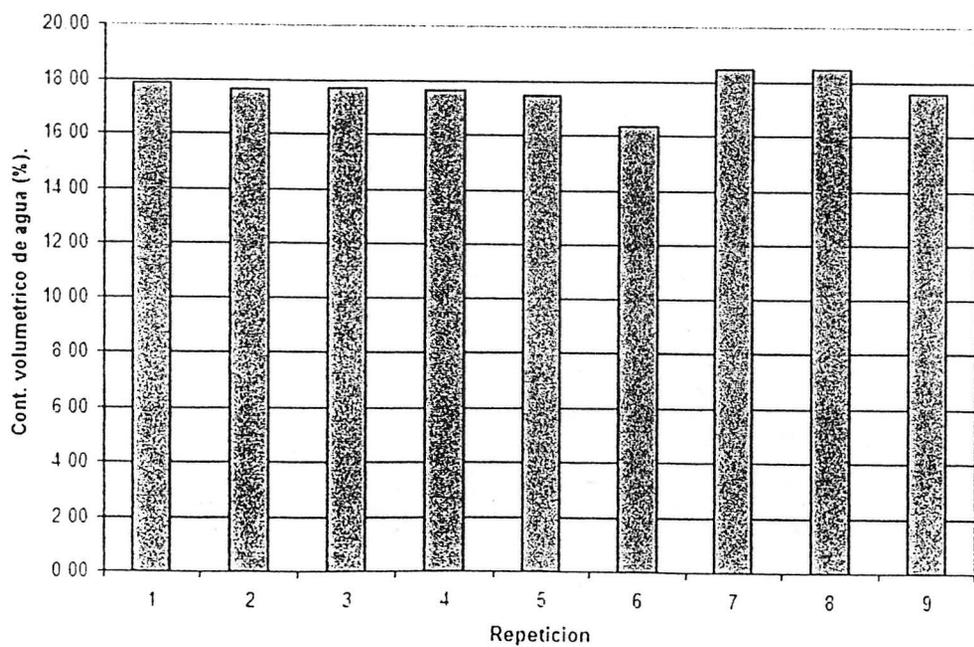


Apéndice III. Contenido volumétrico de agua presente en el suelo empacado.

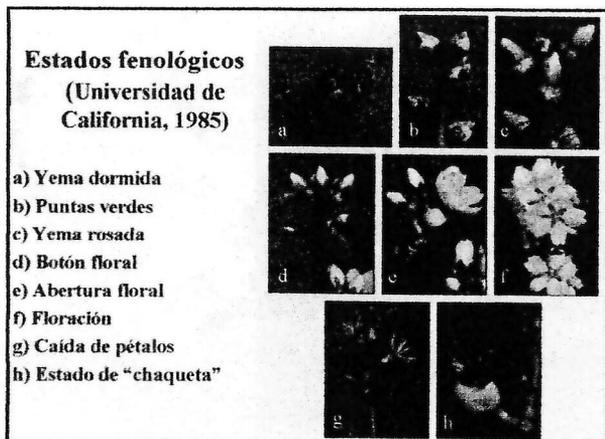
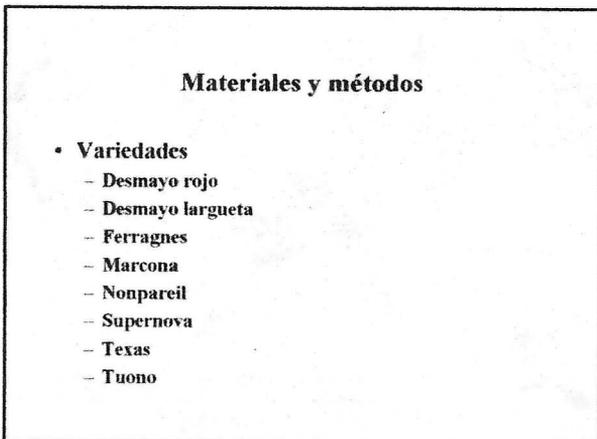
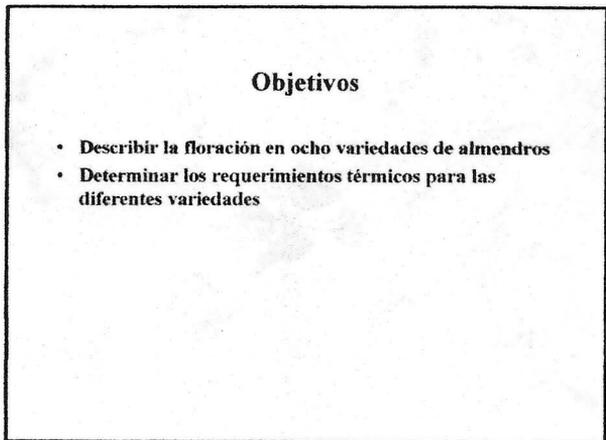
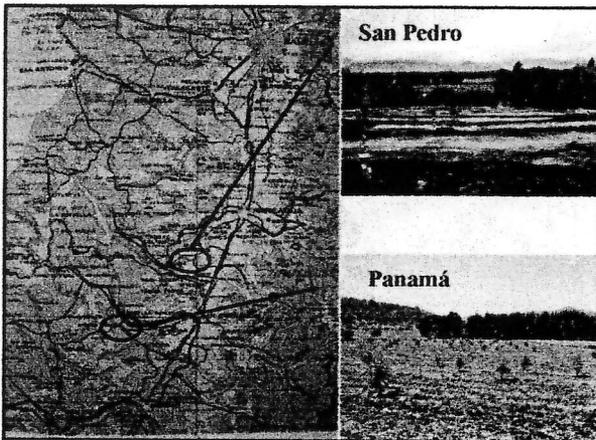
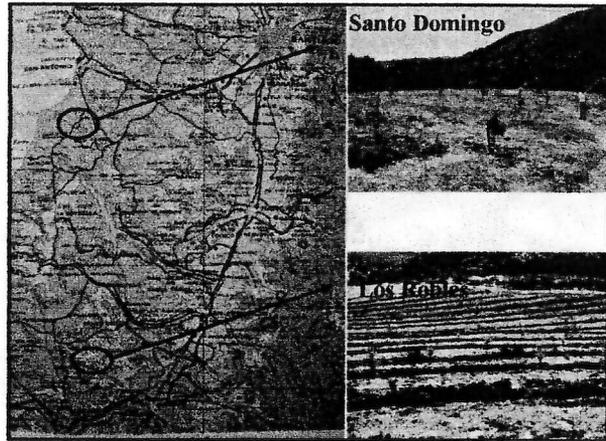
Ow % PUNTO 1 HORIZONTE B



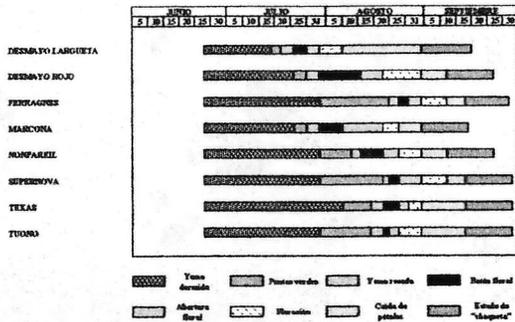
Ow % PUNTO 2 HORIZONTE B



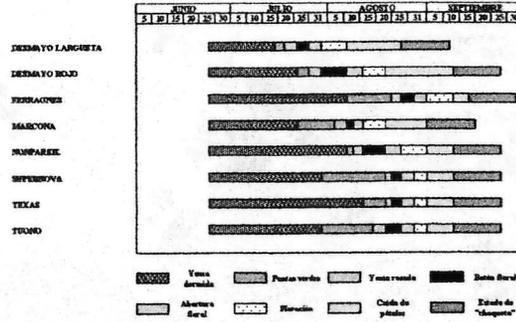
Anexo 8. Diapositivas presentadas en trabajo: “Caracterización de la floración en ocho variedades de almendros” en 55º congreso agronómico, 2004.



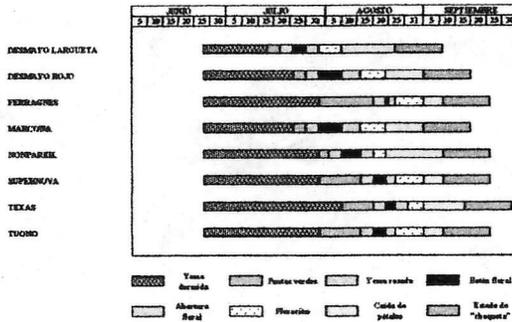
Estados fenológicos, unidad de Los Robles



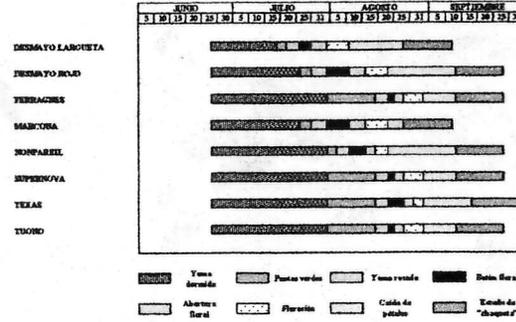
Estados fenológicos, unidad de Panamá



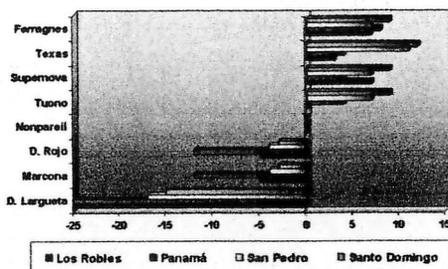
Estados fenológicos, unidad de San Pedro



Estados fenológicos, unidad de Santo Domingo



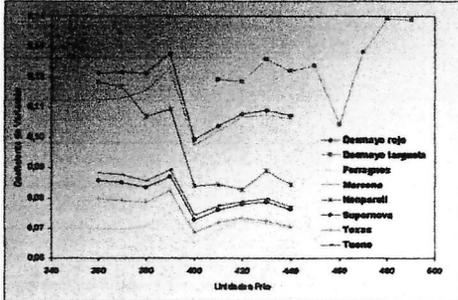
Fechas comparativas de floración (respecto a Nonpareil)



Determinación de la salida del receso invernal

- Requerimiento de frío hasta salida del receso invernal (Aschroft *et al.*, 1977).
 - Se utilizó el estado de botón floral para el cálculo de los GDH°C.
 - Cálculo de Unidades frío (U.F) a partir del 15 de abril (Richardson *et al.*, 1974).

Coefficiente de Variación de los GDH°C a partir de U.F. (intervalo de 10 U.F.), hasta estado de botón floral.



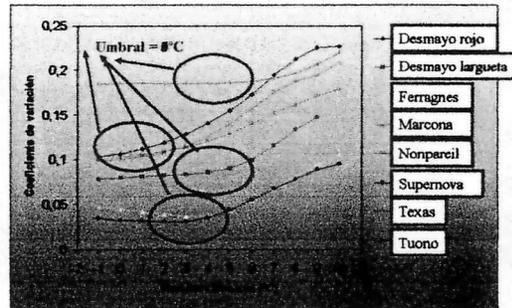
Fechas de acumulación de Unidades frío

U.F.	LOS ROBLES	PANAMÁ	SAN PEDRO	SANTO DOMINGO
400	20-05-04	02-06-04	31-05-04	06-06-04
460	24-05-04	06-06-04	05-06-04	11-06-04

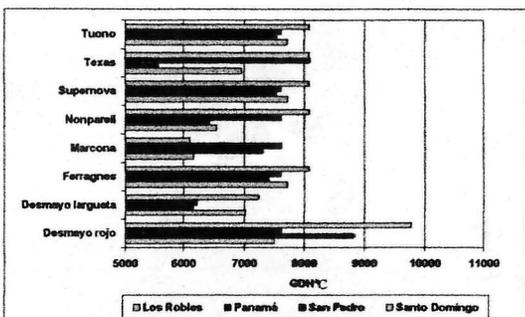
Determinación de la temperatura umbral

- El requerimiento térmico se calculó sobre la base de GDH°C
 - Diferentes umbrales (-1 a 10°C)
 - Entre puntas verdes y estado de "chaqueta"

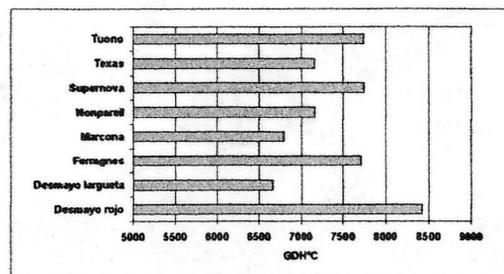
Coefficiente de Variación de los GDH°C desde puntas verdes a estado de "chaqueta", para diferentes umbrales.



GDH°C desde puntas verdes a estado de "chaqueta", para umbral = 3°C

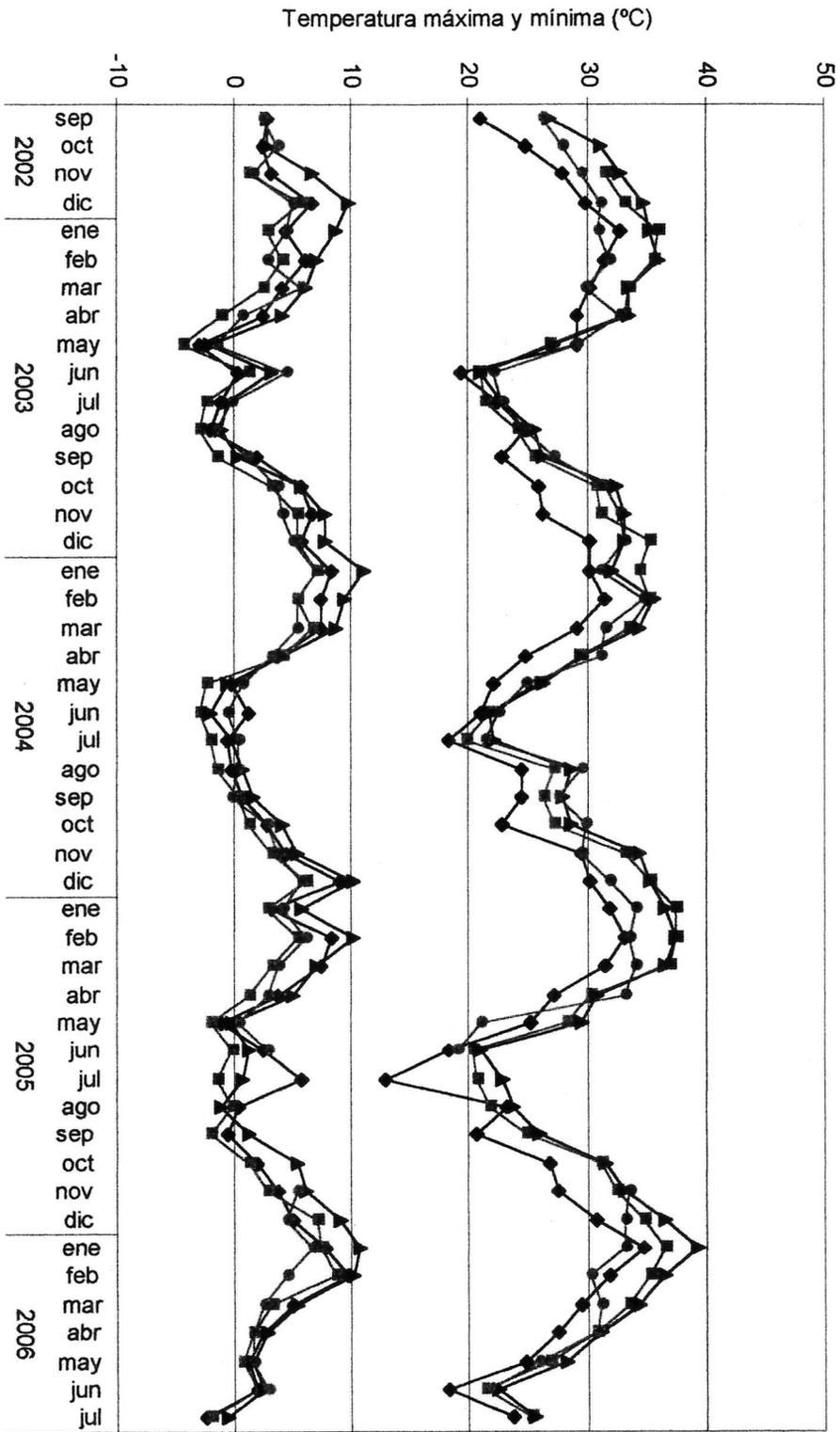


GDH° desde puntas verdes a estado de "chaqueta", para umbral = 3°C

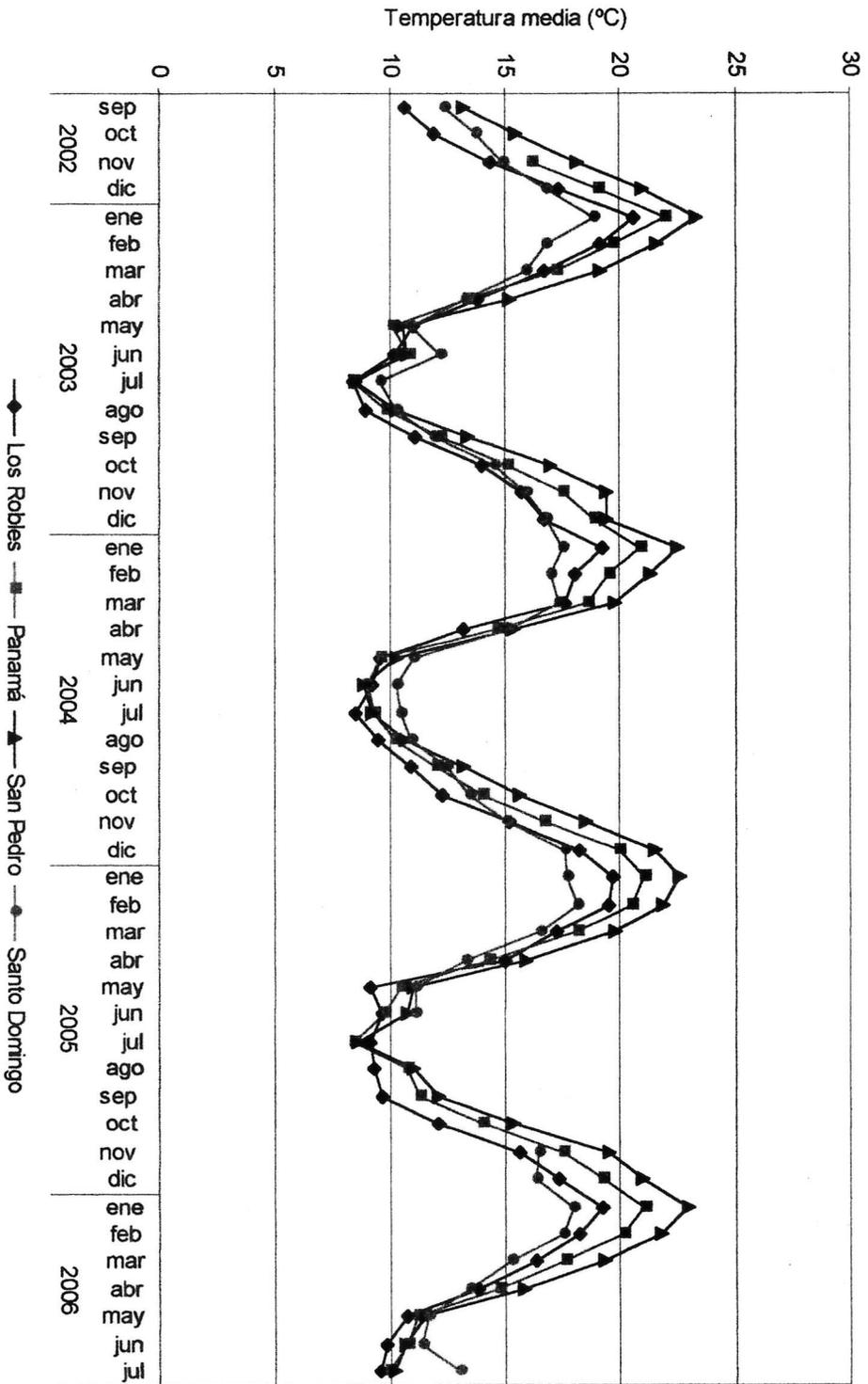


Conclusiones

- **Por la floración de Desmayo largueta, se requerirá buscar una variedad polinizante**
- **El requerimiento de frío para el término del receso fue de 400 a 460 UF; que se cumplen entre fines de mayo e inicios de junio**
- **La determinación de umbrales, requiere de mayor investigación**



Anexo 9. Evolución de las temperaturas máxima y mínima en las cuatro unidades demostrativas, para el periodo en estudio.



Anexo 10. Evolución de la temperatura media en las cuatro unidades demostrativas, para el periodo en estudio.

Anexo 11. Memoria de Título “Descripción de la fenología y el desarrollo del fruto en 18 variedades de almendras

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

DESCRIPCIÓN DE LA FENOLOGÍA Y EL DESARROLLO DEL FRUTO EN
DIECIOCHO VARIEDADES DE ALMENDRO

MARCELO IBAR AHUMADA VARGAS

Santiago, Chile. 2006

RESUMEN

Durante la temporada 2002-2003, en las variedades de almendro 'Sonora', 'Price', 'Thompson', 'Padre', 'Nonpareil', 'Nonpareil 15', 'Carmel', 'Butte', 'Mono', 'Mission', 'Desmayo Langueta', 'Desmayo Rojo', 'Guara', 'Marcona', 'Monterey', 'Ne Plus Ultra', 'Texas 126' y 'Solano' ubicadas en el arboreto del consorcio "The Andes Nursery Association" (A.N.A), Comuna de Paine, Región Metropolitana, se describió la fenología y el desarrollo del fruto. El objetivo fue caracterizar los procesos de floración, desarrollo y maduración de frutos, además de describir la almendra a la cosecha. Se eligieron cinco árboles por variedad, en los cuales se realizó un seguimiento de la fenología floral y maduración del fruto, describiendo el estado fenológico dominante. El desarrollo del fruto se describió sobre la base de su longitud, peso fresco y seco de sus diferentes partes. Finalmente, a la cosecha, se describió el fruto mediante: peso seco, largo, ancho y espesor de la almendra y la semilla, color y forma de semilla, dureza del endocarpio, facilidad de desprendimiento de pelón, porcentaje de semillas dobles y proporción de semilla gomosa.

De lo observado, se determinó que la floración de las distintas variedades ocurrió entre el 6 y el 27 de agosto. El fruto crece rápidamente en septiembre; aproximadamente entre 50 y 70 días después de plena flor (DDPF) dependiendo de la variedad, se detiene el crecimiento del fruto, periodo que coincide con el inicio del endurecimiento de carozo (IEC), que en todas las variedades ocurrió el 17 de octubre. Más tarde, después completado el desarrollo del embrión, alrededor de 100 DDPF, se inicia el incremento en el peso seco de la semilla.

Se puede mencionar, con relación a la caracterización del fruto, que el peso de la almendra varía de entre 2 y 6 g dependiendo de la variedad, y la semilla alrededor de 1,5 g. La dureza de endocarpio presentó valores entre 6,5 y 90 kg, evaluados mediante una maquina de ensayo universal ANSLER, con grosores de entre 0,15 y 0,30 cm.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales

El almendro pertenece a la familia de las Rosáceas (*Rosaceae*), al género *Prunus* y al subgénero *Amígdalas*. Es una especie muy antigua, mencionándose su consumo 2000 años antes de Cristo. Su origen pertenece a las regiones áridas y calurosas del oeste de Asia, desde donde fue introducido a la Cuenca Mediterránea, llegando al mundo romano, incluida España, sur de Francia y Portugal. De España fue llevado a California a mediados de 1700, llegando a Chile entre 1850-1900 (Castro, 1998; Lavín y Silva, 2001).

En Europa, los árboles provienen básicamente de semillas, lo que ha permitido el desarrollo de ecotipos locales e individuos aislados que han originado tipos y variedades con características muy específicas (Lavín y Silva, 2001). Se utilizan un gran número de variedades, seleccionadas en las diferentes zonas de cultivo, existiendo grandes diferencias entre ellas. La mayor parte de estas variedades cultivadas son de cáscara dura y, de floración temprana-media. En los últimos años han comenzado a difundirse diversas variedades obtenidas de programas de mejora de Francia, Italia y España (Vargas, 1998). En Estados Unidos, principalmente en California, las variedades comerciales han sido obtenidas por selección y mejoramiento genético, produciendo almendras de gran calidad, con cáscara delgada, liviana y blanda (Lavín y Silva, 2001; Kester y Edstrom, 1998).

En Chile, las variedades utilizadas son de origen californiano, siendo la variedad más importante Nonpareil, con un 45,9% de la superficie plantada a nivel nacional (Castro, 2001).

Fenología

El reposo invernal en almendro ocurre aproximadamente entre fines de abril y principios de mayo. Desde ese momento comienza la acumulación de horas frío, las que son percibidas por el sistema hormonal del árbol, siendo necesarias entre 300 y 600 horas bajo 7°C para la ruptura de este periodo (Santibáñez, 2001).

Dado sus bajos requerimientos de frío, las yemas quedan vernalizadas en los primeros días de julio, quedando en espera de los primeros calores primaverales para iniciar la brotación (Santibáñez, 2001). La duración de este receso, dependerá de la variedad (Sotomayor, 1998).

MATERIALES Y METODOS

Materiales

El estudio se llevó a cabo durante las temporadas 2002/03 en arboreto del consorcio "The Andes Nursery Association" (A.N.A), ubicado en la comuna de Paine. Región Metropolitana.

Las variedades en estudio fueron Sonora, Price, Thompson, Padre, Nonpareil, Nonpareil 15, Carmel, Butte, Mono, Mission, Desmayo Langueta, Desmayo Rojo, Guara, Marcona, Monterey, Ne Plus Ultra, Texas 126 y Solano.

El huerto se estableció en el año 1997 con las dieciocho variedades, las que fueron injertadas sobre patrón Nemaguard, plantadas a $5 \times 3,5$ metros.

Método

Caracterización de la fenología

Floración. Se realizó un seguimiento de la floración de las dieciocho variedades, utilizando los estados florales descritos por la Universidad de California/DANR (1985), consistentes en (Figura 1): a) Yema dormida, b) puntas verdes, c) yema rosada, d) botón floral, e) abertura floral, f) floración, g) caída de pétalos, h) estado de "chaqueta".

El comportamiento de las variedades se observó durante la temporada 2002/03. Para ello se seleccionaron dos ramillas por árbol, en cinco árboles por variedad, que presentaran secciones de uno y dos años. En cada ramilla se describió, semanalmente, el estado fenológico dominante.

Fruto. Se describió, previo a cosecha, el comportamiento de la maduración del fruto, de acuerdo a lo descrito por la Universidad de California/DANR (1985) consistente en (Figura 2): 1) sutura cerrada; 2a) separación inicial de sutura; 2b) "V" no partida; 2c) "V" partida; 3) rotura menor a 1cm; 4) rotura mayor a 1cm; 5) secado inicial; 6) secado completo.

El comportamiento de las diferentes variedades se realizó durante la temporada 2002/03. Para ello se observó semanalmente el estado fenológico dominante.

del pelón, porcentaje de dobles y proporción de semilla gomosa. Para ello, a la cosecha, se colectaron cincuenta almendras por variedad.

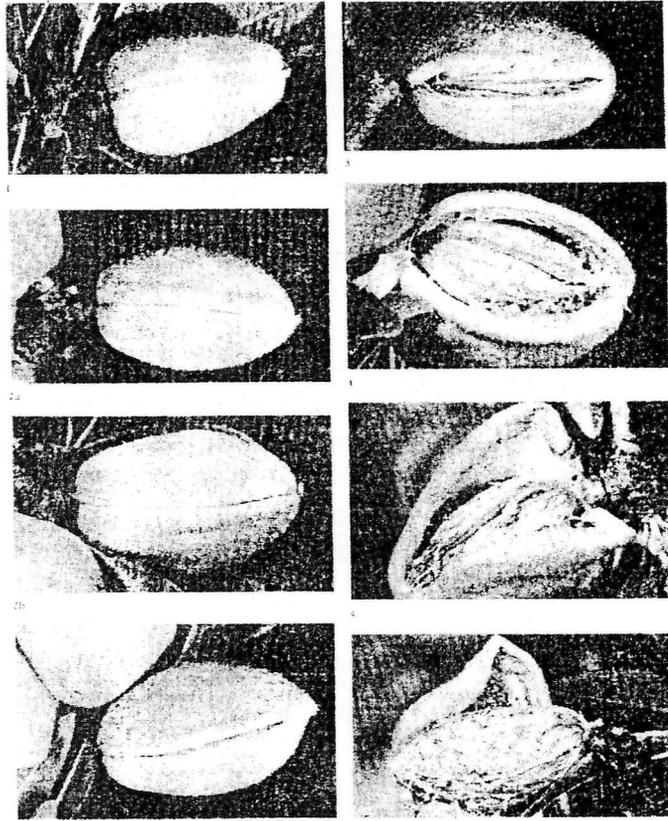


Figura 2. Estados fenológicos de maduración descritos por la universidad de California (1985).

Diseño y análisis experimental

Para analizar la información se utilizaron promedios, los que fueron ordenados en cuadros y figuras para mayor comprensión.

con una duración tres veces mayor a los anteriores. El resto de las variedades presentó una duración, de este periodo, de entre 8 y 11 días.

La caída de pétalos se produjo entre la cuarta semana de agosto y la segunda de septiembre, a excepción de 'Mission', 'Padre', 'Texas 126', 'Guara' y 'Butte', que lo hicieron la primera semana de septiembre. 'Mono' mostró un corto periodo de caída de pétalos (Cuadro 1).

El estado de "chaqueta" se inició en la mayoría de las variedades, incluyendo 'Nonpareil', el 12 de septiembre. 'Marcona' presentó este estado 8 días antes que 'Nonpareil', en cambio, 'Monterey', 'Ne plus ultra', 'Mission', 'Padre', 'Texas 126', 'Mono' y 'Butte', lo manifestaron 5 días después.

En las yemas florales, el período comprendido entre puntas verdes y estado de "chaqueta", demoró alrededor de 60 días en 'Nonpareil', 'Nonpareil 15', 'Desmayo Rojo', 'Monterey' y 'Ne Plus Ultra', mientras que, en 'Marcona', 'Price', 'Padre', 'Texas 126' y 'Butte' demoró cerca de 50 días. Las variedades que presentaron el ciclo más largo fueron Desmayo Langueta, Sonora y Solano, con 70 días aproximadamente, siendo, por el contrario, las variedades Mono, Mission, Thompson, Carmel y Guara las de período más corto.

Cuadro 1. Fecha de ocurrencia de siete estados fenológicos en almendro, respecto a 'Nonpareil'.

Variedad	Fecha de ocurrencia						
	b*	c	d	e	f	g	h
Nonpareil	16-jul	30-jul	06-ago	16-ago	22-ago	27-ago	12-sept
Desmayo Largueta	-14	-21	-20	-16	-16	-5	0
Sonora	-14	-14	-13	-16	-16	-5	0
Solano	-7	-14	-13	-16	-6	-5	0
Desmayo Rojo	0	-7	-6	-10	-6	-5	0
Monterey	0	0	0	-5	-6	-5	+5
Ne Plus Ultra	0	0	0	-5	-6	-5	+5
Marcona	0	0	0	-5	-6	0	-8
Nonpareil 15	0	0	0	0	0	0	0
Price	+4	0	0	0	0	0	0
Thompson	+14	+6	+5	0	0	0	0
Carmel	+14	+6	+5	0	0	0	0
Mission	+20	+11	+10	+4	+2	+8	+5
Padre	+14	+6	+5	0	+5	+8	+5
Texas 126	+14	+9	+10	+6	+5	+8	+5
Guara	+14	+10	+9	+6	+5	+8	0
Mono	+20	+14	+12	+6	+5	+16	+5
Butte	+14	+16	+14	+8	+5	+8	+5

* a: Yema dormida; b: puntas verdes; c: yema rosada; d: botón floral; e: abertura floral; f: floración; g: caída de pétalos; h: estado de "chaqueta".

De acuerdo a los resultados, la evolución del desarrollo del fruto, en todas las variedades, sigue una curva simple sigmoidea, lo que es típico de esta especie (Figura 3).

Cuadro 2. Fecha de ocurrencia de diferentes estados de crecimiento en la evolución del desarrollo del fruto. respecto a 'Nonpareil'.

Variedad	Días de diferencia respecto a 'Nonpareil'			
	ICE	IEC	IAPS	FCE
Nonpareil	10-Oct	17-Oct	19-Nov	26-Nov
Desmayo Largueta	-6	0	0	0
Sonora	-6	0	0	-7
Solano	-6	0	0	-7
Desmayo rojo	0	0	0	-7
Monterey	-6	0	0	-7
Marcona	-6	0	0	-7
Nonpareil 15	0	0	0	0
Price	0	0	-7	0
Thompson	0	0	0	0
Carmel	0	0	-7	0
Mission	0	0	-7	0
Padre	0	0	0	0
Texas 126	+7	0	-16	0
Guara	0	0	0	-7
Butte	0	0	-7	-9
Mono	0	0	-7	0

* ICE: inicio del crecimiento del embrión; IEC: inicio endurecimiento de carozo; IAPS: inicio de acumulación de peso; FCE: fin de crecimiento del embrión.

Cuadro 3. Días transcurridos después de plena flor (DDPF), para alcanzar siete estados de maduración a distintas variedades.

Variedad	Fechas PF	DDPF						
		2a*	2b	2c	3	4	5	6
Desmayo Langueta	06-Ago	191	197	201	205	216	223	-----
Sonora	06-Ago	162	176	184	188	198	205	223
Desmayo Rojo	16-Ago	193	198	202	266	210	215	-----
Solano	16-Ago	166	174	178	183	188	195	213
Monterey	16-Ago	141	152	163	174	181	188	195
Marcona	16-Ago	152	198	202	206	213	-----	-----
Nonpareil	22-Ago	128	135	146	168	172	182	207
Nonpareil 15	22-Ago	146	153	160	168	175	182	200
Thompson	22-Ago	160	168	175	182	187	192	207
Price	22-Ago	172	175	178	182	189	-----	-----
Carmel	22-Ago	189	196	202	207	-----	-----	-----
Mission	24-Ago	187	194	200	205	-----	-----	-----
Texas 126	27-Ago	177	191	197	202	-----	-----	-----
Padre	27-Ago	168	173	176	180	185	203	-----
Guara	27-Ago	141	163	167	170	177	184	202
Butte	27-Ago	168	173	178	182	187	202	-----
Mono	27-Ago	163	167	170	173	184	202	-----

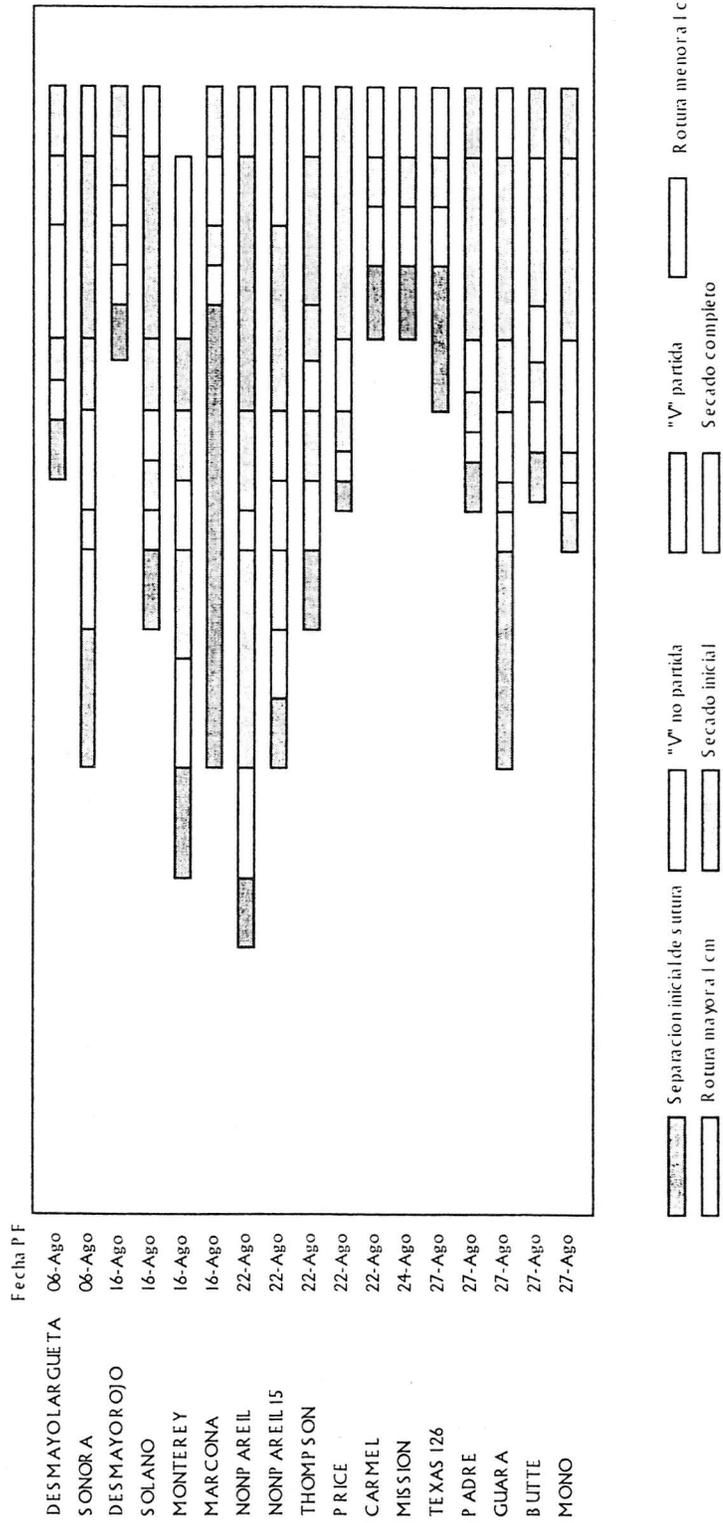
* 1: sutura cerrada; 2a: separación inicial de sutura; 2b: "V" no partida; 2c: "V" partida; 3: rotura menor a 1cm; 4: rotura mayor a 1cm; 5: secado inicial; 6: secado completo.

La duración del estado de rotura mayor a 1 cm. en las distintas variedades fue relativamente dispar, con periodos cortos, de 5 a 10 días, en el caso de 'Desmayo Langueta', 'Desmayo Rojo', 'Solano', 'Sonora', 'Monterey', 'Marcona', 'Nonpareil', 'Nonpareil 15', 'Thompson' y 'Guara', a periodos mayores a 15 días, en 'Padre', 'Butte' y 'Mono'. El 10 de febrero, 'Nonpareil' presentó este estado, seguido 3 días después por 'Nonpareil 15' y 'Monterey'. En el resto de las variedades se observó a partir de las dos últimas semanas de febrero, con la excepción de 'Desmayo Langueta', 'Desmayo Rojo' y 'Guara', la segunda y tercera semana de marzo. En 'Marcona' y 'Price', éste fue el último estado evaluado en el ensayo.

'Nonpareil', 'Nonpareil 15' y 'Monterey' mostraron un mayor avance en el secado inicial del fruto, respecto de los otros cultivares. Este evento se presentó en 'Sonora', 'Solano', 'Thompson' y 'Guara' después del 27 de febrero, siendo los más atrasados 'Desmayo Langueta', 'Desmayo Rojo', 'Texas 126', 'Butte' y 'Mono', donde se presencié el secado inicial desde la tercera semana de marzo. Este fue el último estado evaluado en el ensayo.

DICIEMBRE					ENERO							FEBRERO							MARZO				
5	10	15	20	25	31	5	10	15	20	25	31	5	10	15	20	25	28	5	10	15	20	25	31

T°P. nom. °C 17.4 18.0 21.2 19.8 19.4 21.4 20.6 21.6 22.8 20.8 21.0 24.9 22.5 21.6 19.6
 T°Maxima °C 25.7 26.8 31.2 29.6 28.2 31.3 30.9 32.0 32.9 30.4 28.7 33.6 32.3 31.5 28.1
 T°Minima °C 10.8 11.7 12.9 10.9 11.5 11.9 11.4 12.3 13.3 12.0 14.1 16.6 13.2 12.7 13.2
 DGA² 538 578 634 683 730 799 853 912 976 1030 1085 1174 1236 1294 1332



² DGA: Días grados acumulados (base 10) des de plena flor en variedad Nonpareil

Figura 4. Evolución de los estados de madurez en los distintos cultivares de almendra estudiados

Bajo las condiciones de este ensayo, los cultivares que presentaron mayor proporción de semillas dobles fueron 'Desmayo Rojo', 'Butte', 'Mission', 'Guara' y 'Thompson'. Es importante señalar que la presencia de semillas dobles es una característica que varía en una misma variedad con los años y zona de cultivo (Felipe A. J., 2000).

La proporción de semilla gomosa fue escasa o nula en la mayoría de las variedades, destacando solamente 'Thompson', con un 6%.

Cuadro 5. Características de la almendra en variedades de distinto origen.

Variedades	Peso seco (g)	Dimensiones (cm)			Forma ^{1/}
		Ancho	Largo	Espesor	
<u>Californianas</u>					
Nonpareil	1.9	2.2	3.4	1.4	Espesor medio, redonda
Butte	2.0	2.1	3.2	1.5	Globosa y redonda
Carmel	2.2	2.0	3.4	1.4	Espesor medio, ligeramente alargada
Mission	2.4	2.2	2.9	1.9	Globosa y redonda
Mono	2.2	2.0	3.1	1.4	Globosa y redonda
Monterey	2.4	2.5	3.1	1.7	Globosa y redonda
Nonpareil 15	1.9	2.2	3.4	1.3	Espesor medio, redonda
Padre	2.2	2.3	2.8	1.8	Globosa y redonda
Price	1.6	1.8	3.1	1.3	Globosa, ligeramente alargada
Solano	1.7	1.9	3.2	1.4	Globosa, ligeramente alargada
Sonora	1.6	1.8	3.2	1.3	Globosa, ligeramente alargada
Texas 126	2.4	2.2	3.0	1.6	Globosa y redonda
Thompson	2.1	2.2	3.0	1.6	Globosa y redonda
<u>Españolas</u>					
D. Largueta	5.5	2.6	3.6	1.5	Globosa y redonda
D. Rojo	4.9	2.7	3.2	2.0	Globosa y redonda
Guara	3.6	2.6	3.4	1.8	Globosa y redonda
Marcona	5.6	2.7	3.1	1.9	Globosa y redonda

^{1/} Obtenida según la clasificación hecha por Egea *et al.* (1985, citado por Felipe, 2000).

Cuadro 7. Características de importancia comercial en el fruto del almendro.

Variedades	Rendimiento descascarado (%) <u>1/</u>	Semillas dobles (%)	Semilla gomosa (%)	Resistencia endocarpio (kg) <u>2/</u>	Cítrisor endocarpio (mm)	FDP <u>3/</u>	II (%) <u>4/</u>
<u>Californianas</u>							
Nonpareil	65,0	3,2	0	6,5	1,3	fácil	6,7
Butte	57,4	9,4	2	10,0	1,9	media	7,4
Carmel	62,5	0,8	0	11,5	1,3	media	7,1
Mission	55,6	7,9	2	23,2	1,9	difícil	7,2
Mono	58,1	0,0	0	12,6	2,2	fácil	7,8
Monterey	59,5	0,6	2	6,9	2,2	fácil	6,5
Nonpareil 15	65,3	0,6	0	6,6	1,1	fácil	6,8
Padre	58,7	0,3	0	14,3	2,4	media	8,4
Price	65,7	3,0	0	10,2	1,0	fácil	6,4
Solano	65,4	0,2	0	6,4	1,5	fácil	6,4
Sonora	76,1	0,7	0	8,9	0,5	fácil	6,1
Texas 126	54,4	1,1	0	31,8	2,1	difícil	6,7
Thompson	65,1	4,6	6	8,7	1,4	fácil	7,0
<u>Españolas</u>							
D. Largueta	23,3	1,1	0	91,2	2,6	fácil	6,7
D. Rojo	26,5	14,4	0	71,6	3,5	media	8,5
Guara	39,3	5,0	0	38,5	3,2	muy fácil	8,4
Marcona	24,8	0,3	0	71,0	3,8	muy fácil	9,1

1/ Rendimiento al descascarado: semilla / almendra × 100.

2/ Resistencia de endocarpio (cáscara), medida a través de la ruptura por compresión en máquina de ensayo universal ANSLER.

3/ FDP: Facilidad de desprendimiento de pelón.

4/ Humedad: Peso seco / Peso fresco × 100.

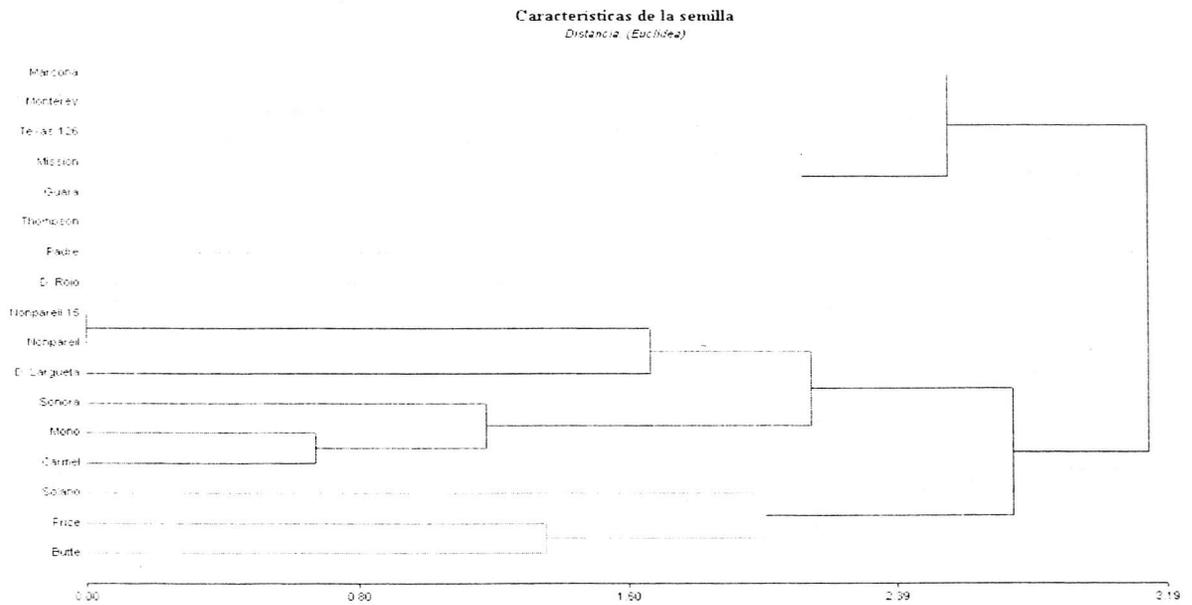


Figura 6. Dendrograma correspondiente a la clasificación jerárquica de las variedades de almendro según las características de la semilla.

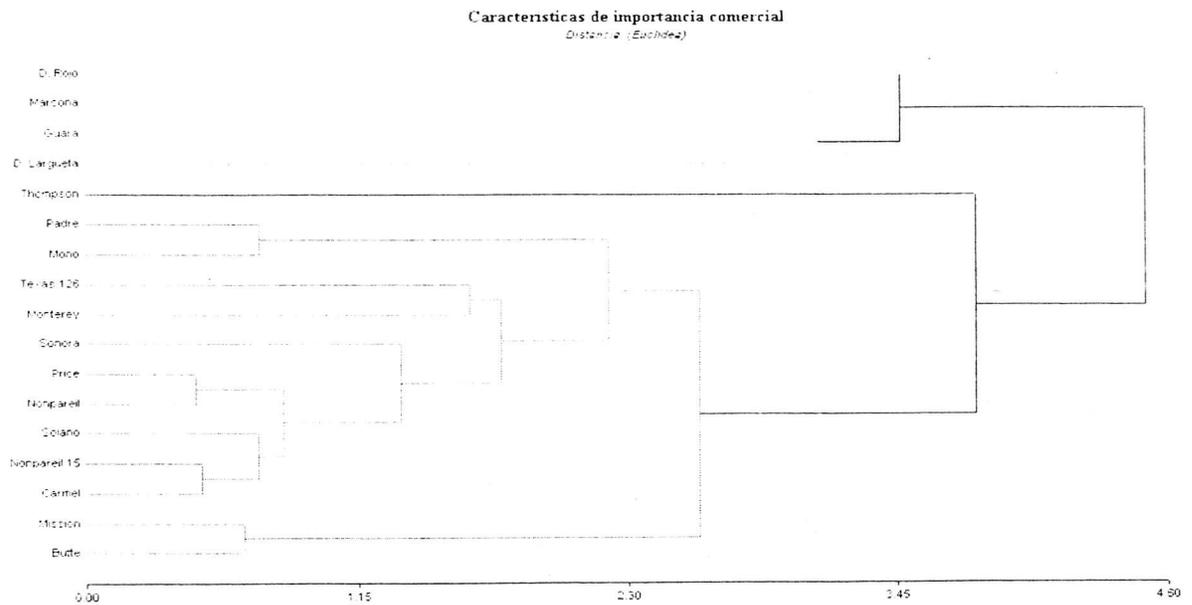


Figura 7. Dendrograma correspondiente a la clasificación jerárquica de las variedades de almendro según las características de importancia comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- ABASCAL, U. 1992. Almendro. pp. 10-16. En: Catálogo de variedades de especies frutales. Boletín Técnico N° 193. Santiago, Chile. 290 p.
- ASAI, W., MICKE, W., KESTER, D., ROUGH, D. y EDSTROM. 1998. Selección de variedades. pp. 84-91. En: Seminario Internacional. Situación Actual y Perspectivas Tecnológicas del Almendro. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 190 p.
- CASTRO, J. 1998. Situación del almendro en Chile. pp. 1-16. En: Seminario Internacional. Situación Actual y Perspectivas Tecnológicas del Almendro. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 190 p.
- CASTRO, J. 2001. Situación del almendro en Chile. pp. 3-16. En: Seminario Internacional. Actualización Tecnológica de la Producción del Almendro. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 201 p.
- CONSORCIO VIVEROS DE CHILE. 2000. Almendros. En: Catálogo Nacional de Viveros.
- FELIPE, A. J. 2000. El Almendro I: El material vegetal. Mira editorial. Zaragoza, España. 461 p.
- FELIPE, A. y SOCIAS, R. 1986. Características de algunas variedades interesantes de Almendro. Diputación General de Aragón, España. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Información Técnica N° 19. 10 p.
- GRASSELLY, C. y CROSSA-RAYNAUD, P. 1984. El Almendro. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 465 p.
- KESTER, D. y EDSTROM, J. 1998. Situación actual del almendro en California. pp. 17-18. En: Seminario Internacional. Situación Actual y Perspectivas Tecnológicas del Almendro. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 190 p.
- LAVÍN, A. y SILVA, G. 2001. Almendro. pp. 19-35. En: Frutales para el secano interior: Comportamientos de Carozos y Pomáceas. Boletín INIA N° 30. Cauquenes, Chile. Santiago, Chile. 275p.
- MARTIN, G. and KESTER, D. 1978. Almond Growth and Development. pp. 46-51. In: Almond Orchard Management. W. Micke (ed). University of California. Publication N° 4092, California, USA. 150 p.

ANEXO

Anexo I

Variedades

Nonpareil

Originaria de California. Árbol de tamaño medio y medianamente erecto. Época de floración media y maduración temprana. Almendra de tamaño medio, de cáscara muy delgada, algunas veces no bien cerrada; semilla relativamente aplastada y ovalada, con pocas dobles (Lavín y Silva, 2001; Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984; Abascal, 1992). Se poliniza con variedades Merced, Texas, Drake, Price, Carmel y Ne Plus Ultra (Sotomayor, 1990).

Carmel

Originaria de California. Árbol más pequeño que Nonpareil, fácil de formar y produce principalmente en dardos. Época de floración media y maduración media-tardía (Asai *et al.*, 1998; Pensa, 2001). Almendra con semilla de tamaño medio y forma alargada, con pocas dobles (Abascal, 1992). Se poliniza con Nonpareil, Texas y Merced (Sotomayor, 1990).

Mission (Texas)

De origen desconocido. Árbol vigoroso y erecto, medianamente ramificado. Época de floración y maduración tardía. Almendra de cáscara dura y semilla semiredondeada. Se poliniza con Drake, Merced y Nonpareil (Asai *et al.*, 1998; Lavín y Silva, 2001; Pensa, 2001; Sotomayor, 1990).

Thompson

Originaria de California. Árbol vigoroso, algo erecto, tamaño mediano a grande, productivo. Época de floración y maduración tardía. Almendra de cáscara blanda, rinde porcentualmente un 60 a 65% de pepa; semilla mediana a pequeña (Abascal, 1992; Asai *et al.*, 1998; Lavín y Silva, 2001). Se poliniza con Nonpareil y Texas (Sotomayor, 1990).

Sonora

Originaria de California. Árbol de tamaño medio, de copa semiesférica y produce en ramillas largas. Época de floración y maduración media-temprana. Almendra de cáscara delgada, tipo "papel", no bien sellada, con semilla de tamaño medianamente grande y alargada. Presenta tendencia a floración alternada. Se poliniza bien con Nonpareil, Ne Plus Ultra, Peerless, Texas, Merced y Thompson (Abascal, 1992; Asai *et al.*, 1998; Sierra Gold Nurseries, 2000).

Marcona

Origen Español. Árbol de vigor mediano a bueno, de mediano desarrollo, ramificación muy densa y ramas mixtas caídas hacia el suelo. Época de floración media y maduración tardía. Almendra característica por su forma redondeada; sin semillas dobles, con cáscara dura. Polinizada con Garrigues en algunas localidades de España (Felipe y Socias, 1986; Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984; Riera y Ferrán, 1975).

Desmayo Largueta

Origen Español. Árbol de vigor medio, de forma abierta, con ramas descendentes. Época de floración temprana y maduración muy tardía. Almendra de cáscara dura y semilla de forma elíptica. Se poliniza con Ramillete, Desmayo rojo y con otras variedades precoces (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984; Riera y Ferrán, 1975).

Desmayo Rojo

Origen Español. Árbol con ramas descendentes. Época de floración temprana y maduración muy tardía. Almendra de cáscara dura, de forma casi triangular (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984).

Monterey

Originaria de California. Árbol grande, vigoroso, de ramas elásticas; producción abundante y consistente. Época de floración media-tardía y maduración tardía. Almendra de forma elongada, con cáscara relativamente dura, gruesa y bien sellada, con semilla grande y alargada (Abascal, 1992). Se poliniza con Thompson, Carmel, Butte y Price (Sierra Gold Nurseries, 2000).

Anexo II

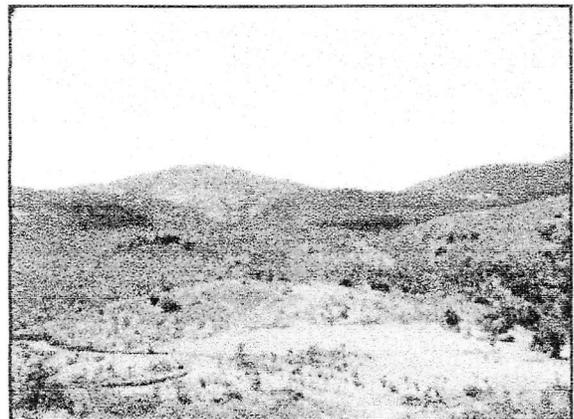
Cuadro 1 . Clasificación de la forma de almendra y semilla a través de las relaciones h y h' descrita por Egea *et al.* (1985, citado por Felipe A. J., 2000).

h \underline{l}	h'	Forma
< 50	< 30	Plana, larga y estrecha
0 – 50	< 30	Plana, ligeramente alargada
> 60	< 30	Plana y redonda
< 50	30 – 40	Espesor medio, estrecha y larga
= 50 – 60	30 – 40	Espesor medio, ligeramente alargada
> 60	30 – 40	Espesor medio redonda
< 50	> 40	Globosa, estrecha y larga
= 50 – 60	> 40	Globosa, ligeramente alargada
> 60	> 40	Globosa y redonda

\underline{l} / h : relación entre ancho y largo de la almendra o semilla ($a/l \times 100$); h' : relación entre espesor y largo de la almendra o semilla ($e/l \times 100$).

Anexo 12. Presentación del día de campo “Panamá”

Anexo 14. Presentación realizada en Seminario de Almendros.



Agricultores del secano

- Falta de alternativas
- Baja rentabilidad de otros cultivos

Evaluar el almendro como alternativa frutal para el secano

- Aprovechamiento de los recursos disponibles
 - Control de malezas
 - Plantación en curvas de nivel
 - Riegos el año de establecimiento

Árbol multipropósito

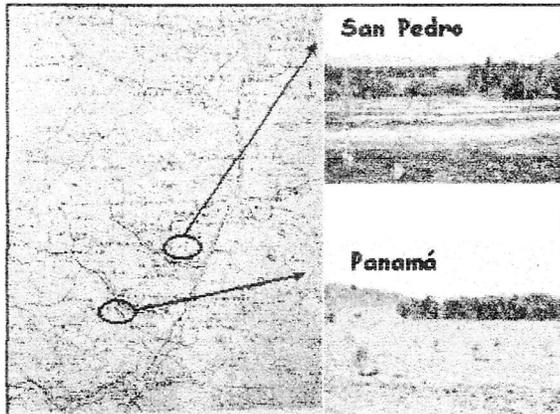
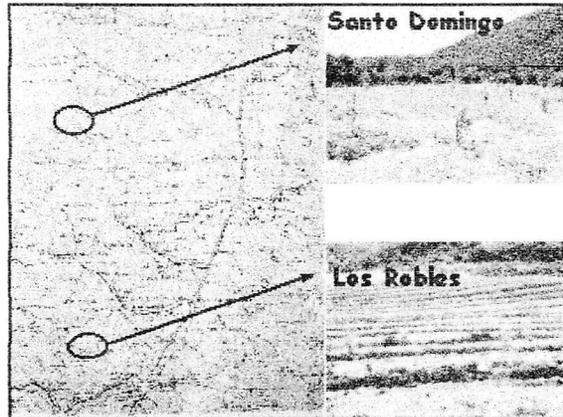
- Producto de alto valor
- Mano de obra familiar
- Subproductos útiles
 - cáscara, pelón, leña
- Producto no perecible
- Existen alternativas de industrialización
- Producto de alto valor alimenticio
- Árbol longevo

Objetivo del proyecto

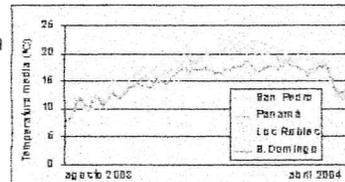
- Evaluar variedades y portainjertos que se adapten al secano de la zona central

Unidades experimentales

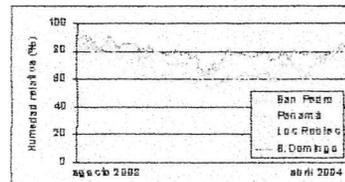
- Santo Domingo
- Los Robles, Lolol
- San Pedro, Malloa
- Panamá



Temperatura media



Humedad relativa



Precipitación

Unidad experimental	Los Robles	San Pedro	Panamá	S. Domingo
Año	-----mm-----			
2002	1303,5	*	*	824,0
2003	631,0	382,0	472,0	417,0
Enero a mayo 2003	111,0	87,0	115,0	169,0
Enero a mayo 2004	134,5	73,0	105,0	99,0

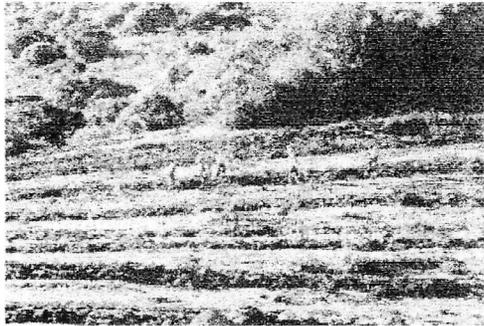
* sin datos

Diseño de las unidades

- Trazado curvas de nivel
- Pendiente 0,5%
- 8 x 8 m



Preparación de suelos



Plantación

- Hoyo 60x60x60 cm
- Fertilización
 - NPK
 - ácido bórico



Plantación Los Robles

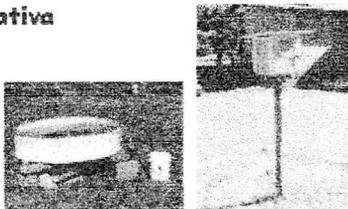


Control malezas



Evaluación de las condiciones climáticas

- Temperatura
- Humedad relativa
- Pluviometría
- Evaporación



Evaluación del desarrollo vegetativo

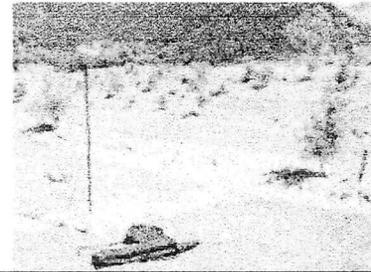
- Crecimiento de brotes
- Peso de poda
- Incremento de ASTT

Evaluación del desarrollo productivo

- Fecha de floración
- Cuaja
- Características de la almendra

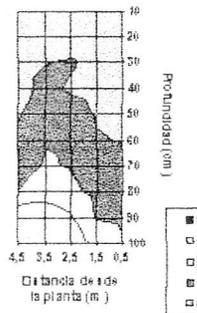
Evaluación de la humedad de suelo

Distribución de tubos y equipo DIVINER

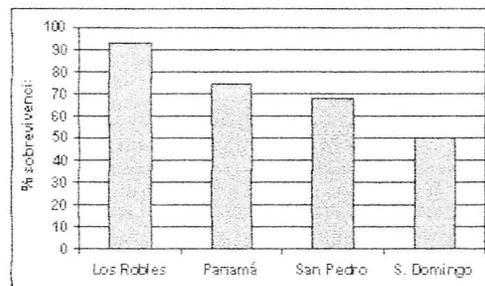


Contenido de humedad del suelo

Contenido de humedad
(a través de equipo DIVINER 0-100)

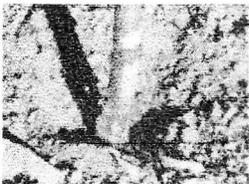


Sobrevivencia

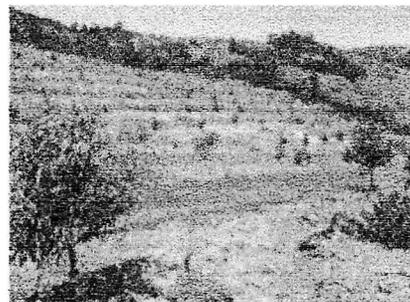


Causas de mortalidad

- Pudrición
- Daño animales

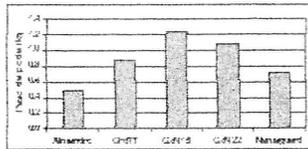


Desarrollo vegetativo

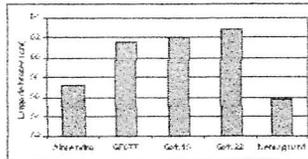


Portainjertos

Peso de poda

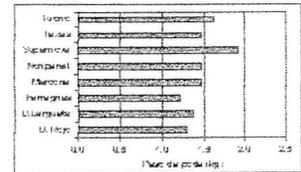


Largo de brotes

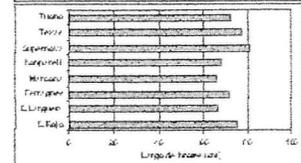


Variedades

Peso de poda



Largo de brotes

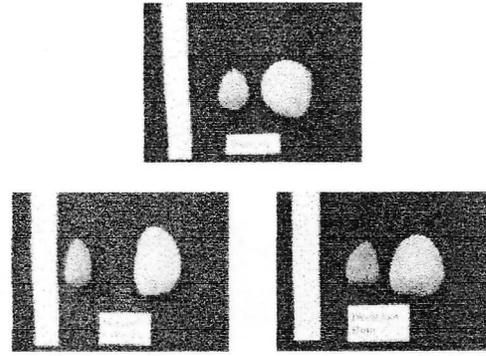
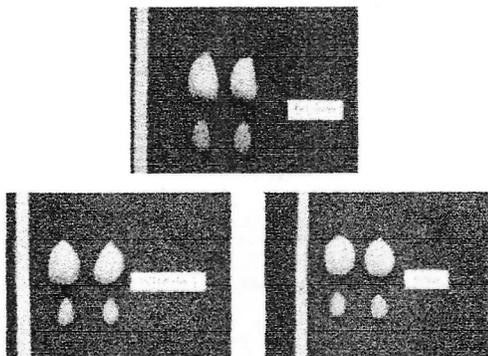


Desarrollo productivo



Estado fenológico año 2003

	50% flor abierta		
	17-Ago	24-Ago	31-Ago
D.Rojo			
D.Larqueta			
Ferragnes			
Marcona			
Nonpareil			
Supemova			
Texas			
Tuono			



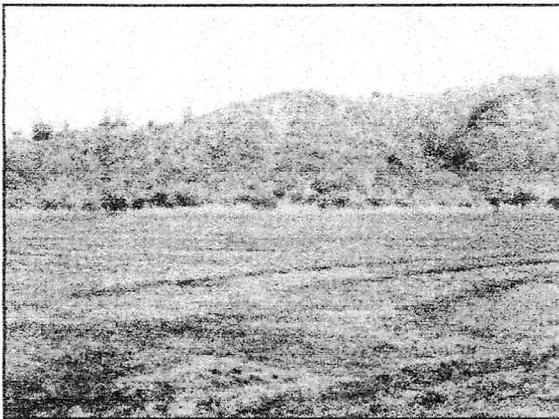
Relación pepa / almendra con endocarpio

Variedades	Pepa/almendra con endocarpio
Marcona D. Langueta D. Rojo	0,25
Supernova Tuono	0,36
Ferragnes Nonpareil Texas	0,50

Calidad de la almendra

Variedades	Dobles	Vanas	Chupadas	Total de frutos evaluados
D. Rojo	***			22
D. Langueta	**	**		26
Ferragnes				21
Marcona		**		36
Nonpareil		**		8
Supernova	**	**	**	62
Texas	**	***		26
Tuono	***	*		75

* 0-5%
 ** 5-15%
 *** 15-30%



Variedades

Cáscara dura y semi-dura

- Marcona
- Desmayo langueta
- Desmayo rojo
- Tuono
- Ferragnes
- Supernova

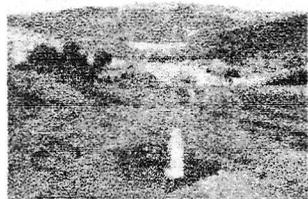
Cáscara blanda y semi-blanda

- Nonpareil
- Texas



Portainjertos

- GF 677
- GxN 22
- GxN 15
- NemaGuard
- Almendro



Anexo 13. Información entregada en día de campo “Malloco”



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CS.AGRONÓMICAS



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA



UNIVIVEROS.

"Introducción del almendro en Secano"

Malloa, Noviembre 2005

Desarrollo vegetativo

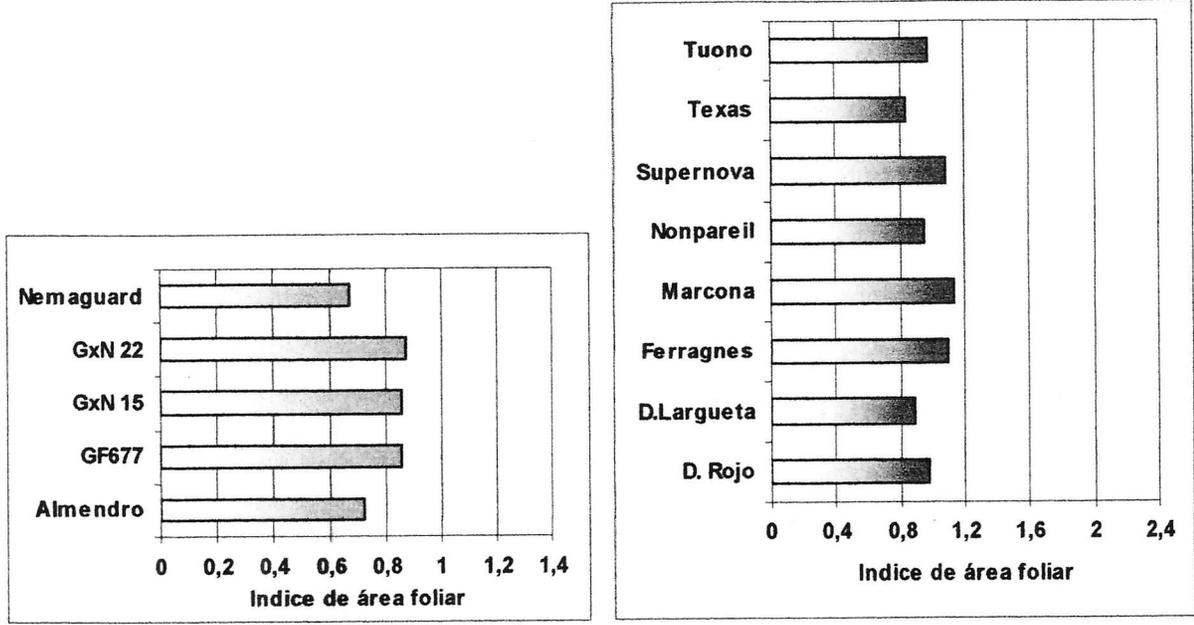


Figura 1. Índice de área foliar para el ensayo de patrones y variedades.

Desarrollo productivo

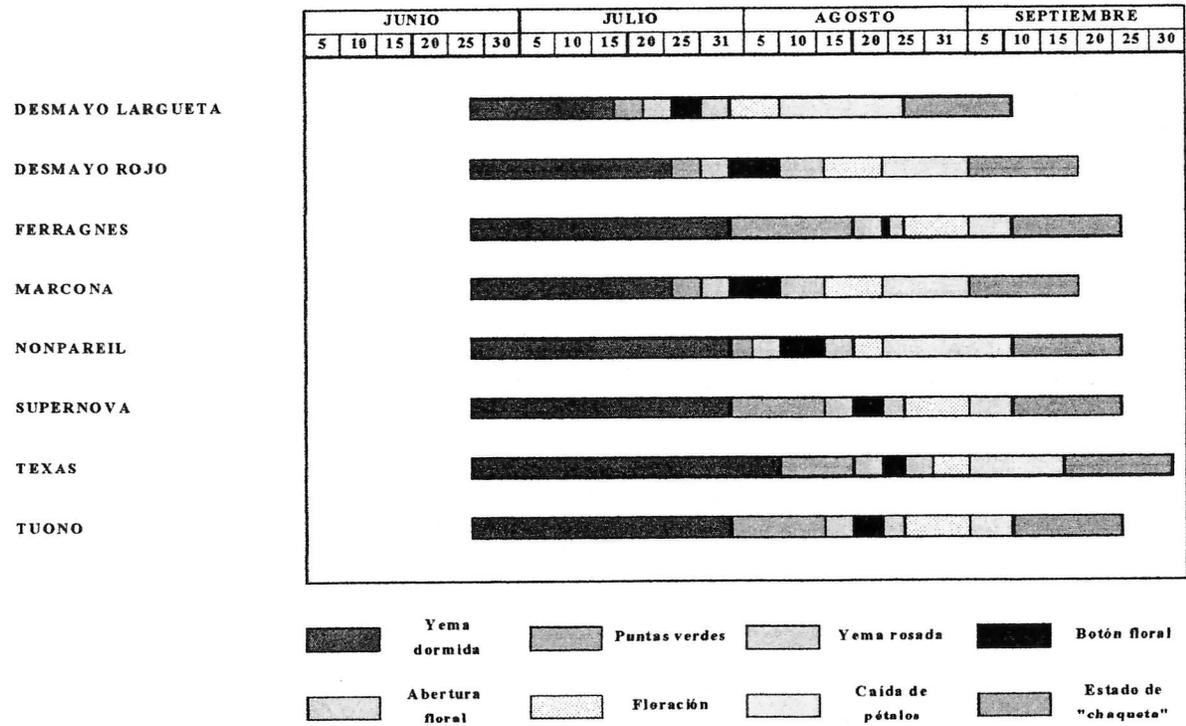


Figura 2. Estados fenológicos, unidad de San Pedro.

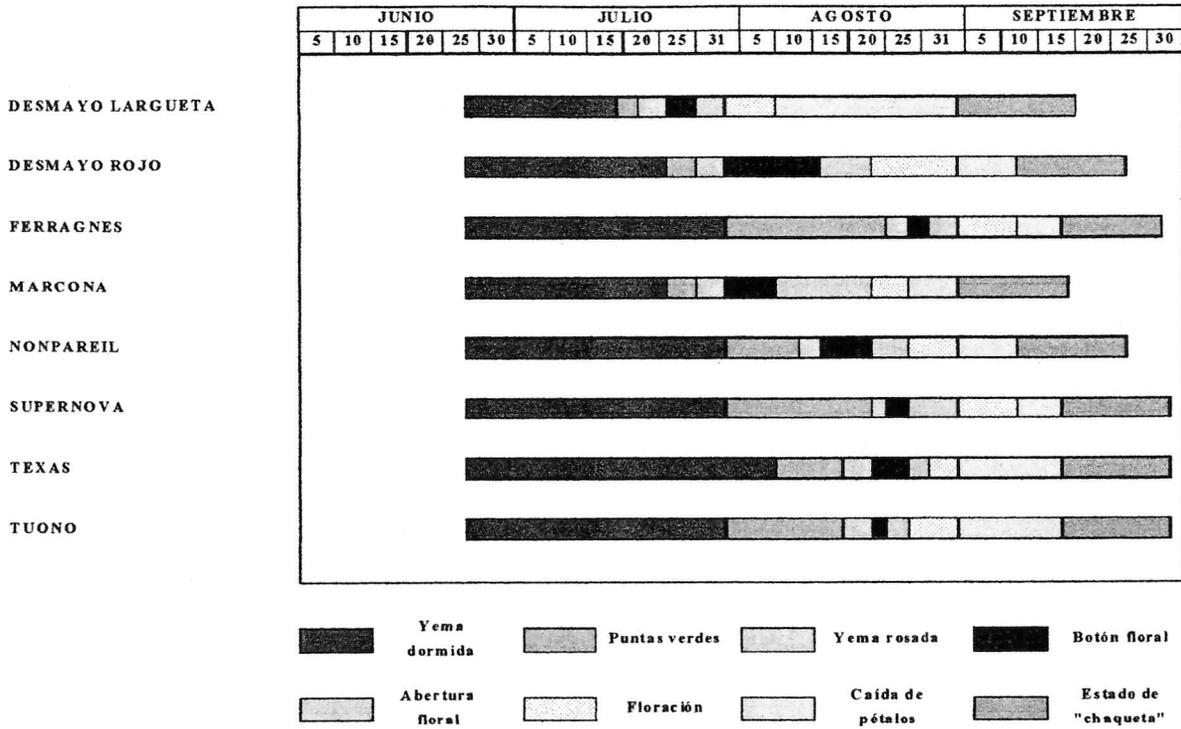


Figura 3. Estados fenológicos, unidad de Los Robles.

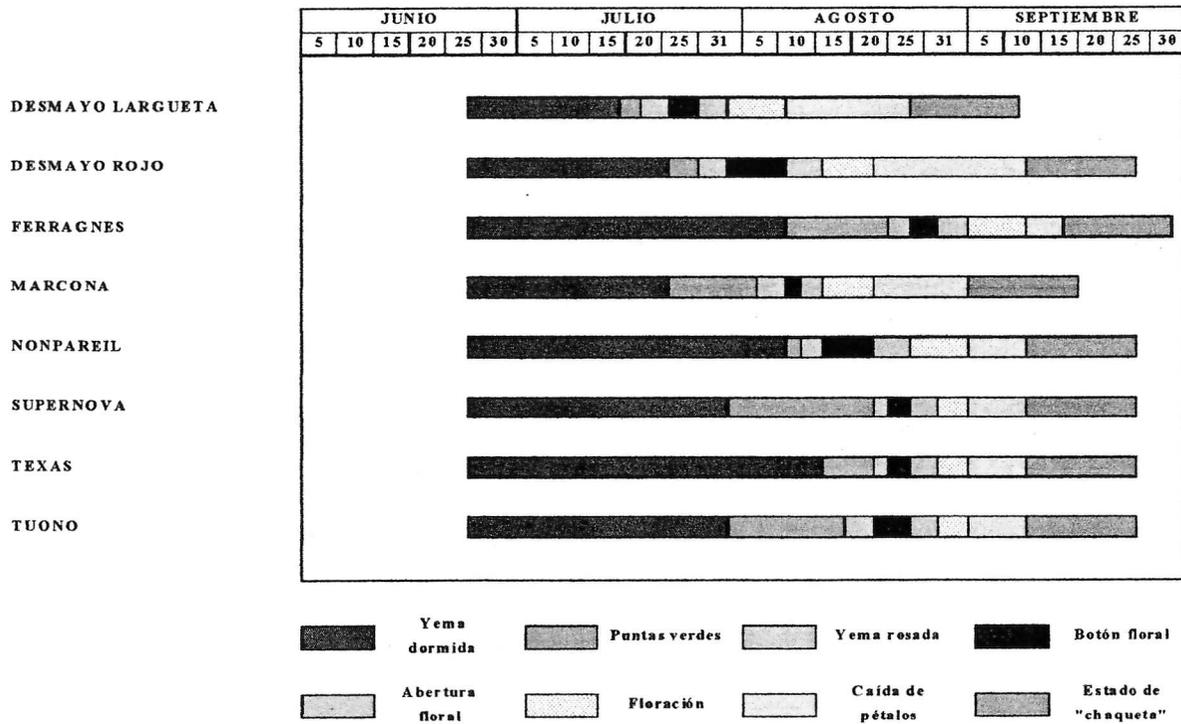


Figura 4. Estados fenológicos, unidad de Panamá.

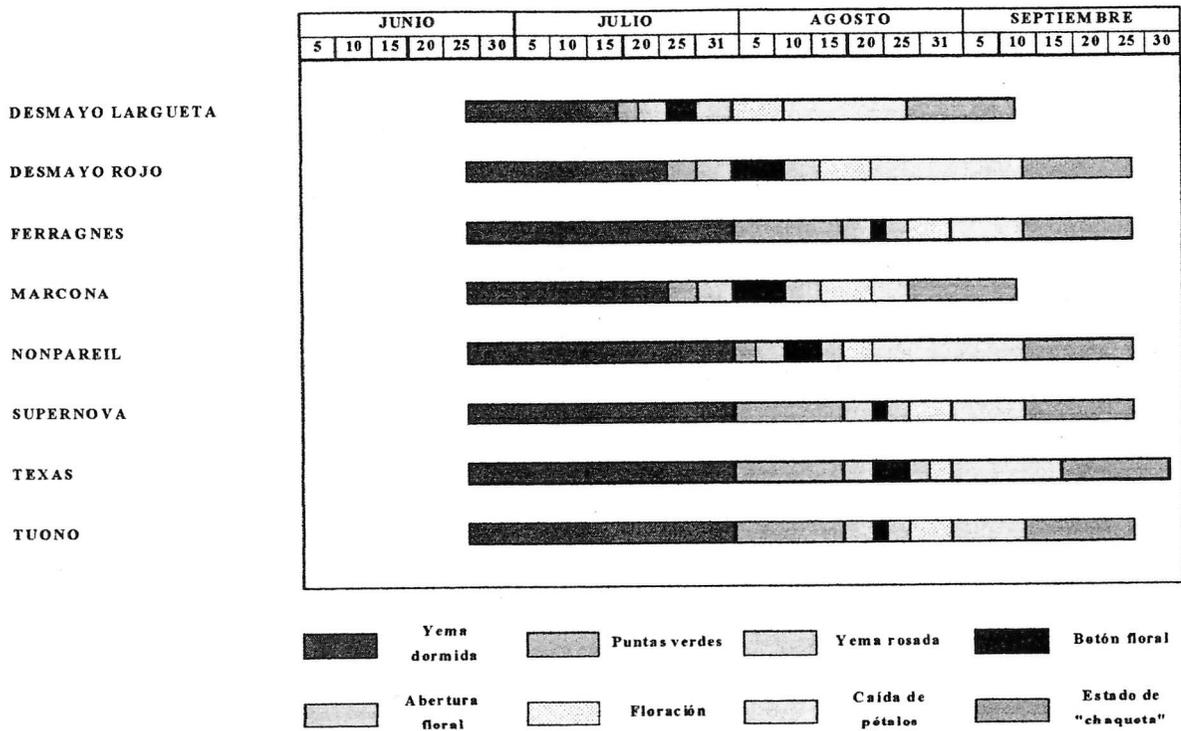


Figura 5. Estados fenológicos, unidad de Santo Domingo.

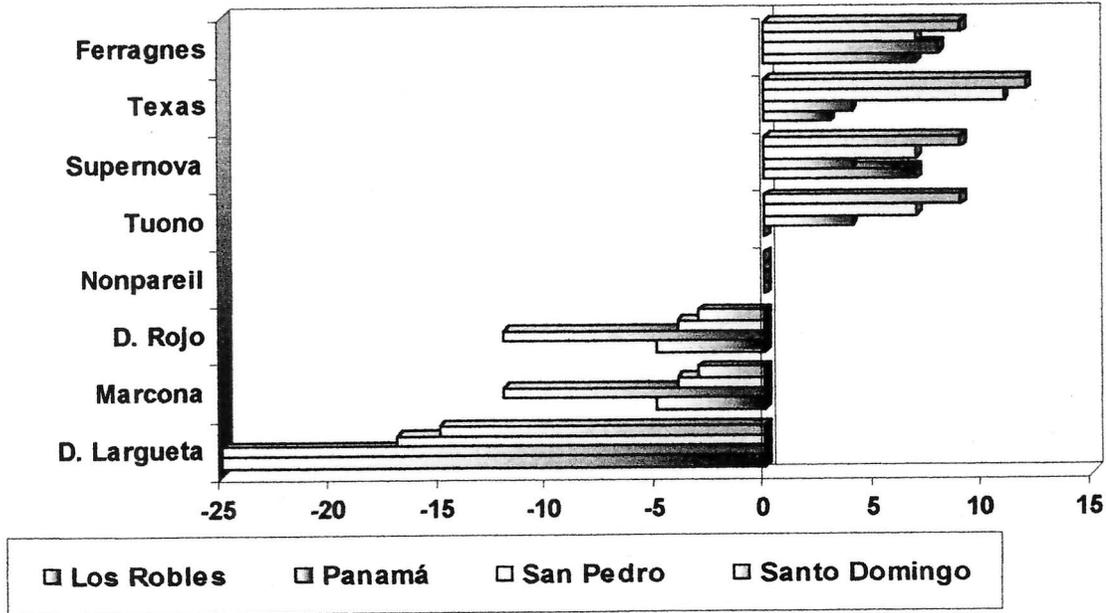


Figura 6. Fechas comparativas de floración (respecto a Nonpareil).

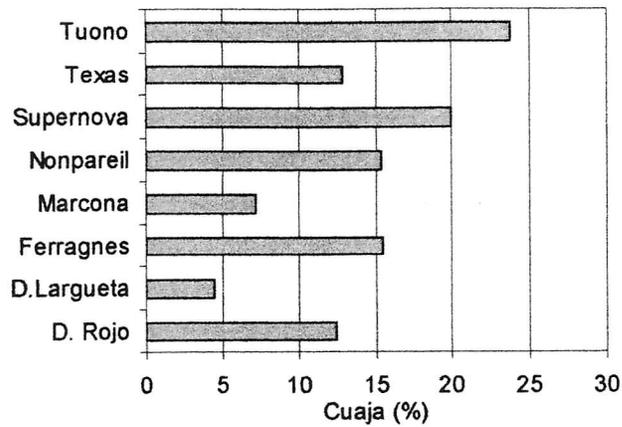


Figura 7. Porcentaje de cuaja de las variedades en estudio.

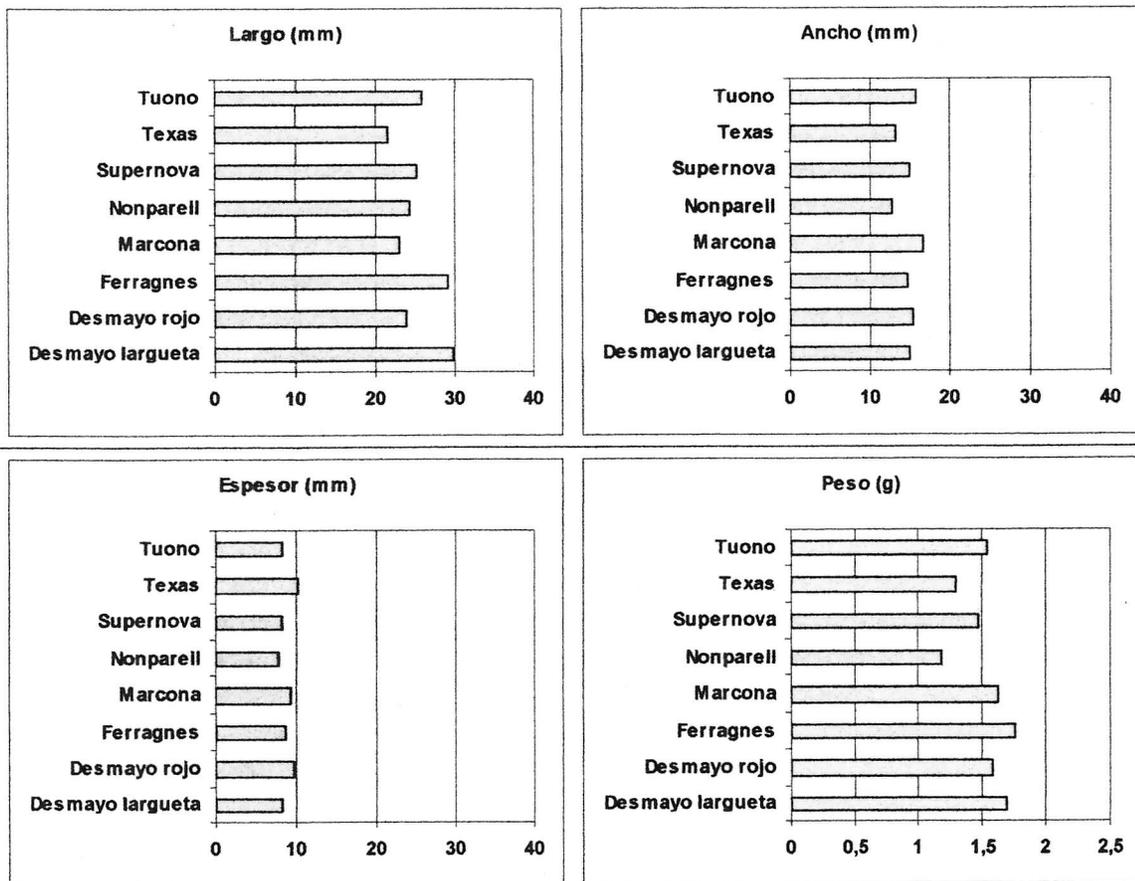


Figura 8. Largo, ancho, espesor y peso de las variedades en estudio.

Cuadro 1. Relación pepa/almendra con endocarpio.

Variedades	Pepa/almendra con endocarpio
Marcona	0,25
D. Langueta	
D. Rojo	
Supernova	0,36
Tuono	
Ferragnes	0,35
Nonpareil	0,50
Texas	

Cuadro 2. Características evaluadas en análisis sensorial.

Variedad	Aceptabilidad*	Aceptabilidad**	Apariencia	Color	Aroma	Amargor	Dulzor	Astringencia	Sabor	Textura	Dureza
D langueta	10,7 a	9,3 a	8,3 a	11,0 c	3,3 a	3,6 a	5,1 a	5,3 d	8,4 a	9,0 a	8,6 a
D rojo	9,6 a	10,4 a	9,5 a	11,1 c	4,1 a	4,4 a	5,4 a	2,3 abc	9,0 a	8,7 a	9,9 a
Ferragnes	11,3 a	9,3 a	7,8 a	9,0 ab	4,4 a	2,4 a	6,6 a	1,8 ab	8,9 a	9,2 a	7,5 a
Marcona	10,5 a	11,1 a	9,0 a	10,5 bc	3,3 a	5,4 a	5,4 a	4,1 cd	8,7 a	9,8 a	9,2 a
Nonpareil	10,5 a	11,0 a	11,1 a	7,2 a	4,5 a	3,8 a	5,9 a	4,4 cd	10,5 a	10,1 a	9,2 a
Supernova	11,0 a	11,6 a	10,5 a	9,2 bc	3,9 a	3,5 a	6,0 a	3,8 bcd	9,3 a	10,1 a	8,9 a
Texas	11,4 a	9,9 a	10,4 a	9,6 bc	4,7 a	2,7 a	7,4 a	1,5 a	9,5 a	9,5 a	8,6 a
Tuono	11,7 a	9,9 a	10,5 a	8,7 ab	5,1 a	3,5 a	5,7 a	2,9 abc	8,9 a	9,3 a	8,7 a

Escala hedónica de 0 - 15. *Aceptabilidad evaluada por un panel no entrenado; **Aceptabilidad evaluada por un panel entrenado

Anexos 15 y 16. Poster presentado en Congreso Agronómico 2005

Evaluación sensorial de ocho variedades de almendras

G. Reginato, M. Medel y C. Mauro

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas

Introducción

Con la introducción de nuevas variedades de almendras y la importancia de éstas en sus países de origen, se debe evaluar no solo su adaptación a las condiciones medioambientales sino también la aceptabilidad del fruto por parte de los consumidores. Se piensa que las variedades europeas, sobretodo las españolas, como 'Marcona' y 'Desmayo largueta', tienen un gran potencial comercial gracias a su sabor, sin embargo es importante, además, evaluar la apariencia de éstas, entre otras características.

Materiales y métodos

Se realizó un análisis sensorial de ocho variedades de almendras, cosechadas en marzo de 2005. Las variedades evaluadas fueron: 'Desmayo largueta', 'Marcona', 'Desmayo rojo', 'Ferragnes', 'Tuono', 'Supernova', 'Nonpareil' y 'Texas' (Figura 1). Se evaluó aceptabilidad, mediante el método de escala hedónica, con un panel no entrenado, compuesto por 12 personas. De igual forma, pero con un panel entrenado, se evaluó: aceptabilidad, apariencia, color, aroma, amargor, dulzor, astringencia, sabor, textura y dureza. La escala hedónica consistió en una línea continua de 15 cm, donde cada evaluador marcaba con una línea vertical su preferencia para cada una de las características. En el Cuadro 1 se presentan los dos extremos de la escala hedónica.

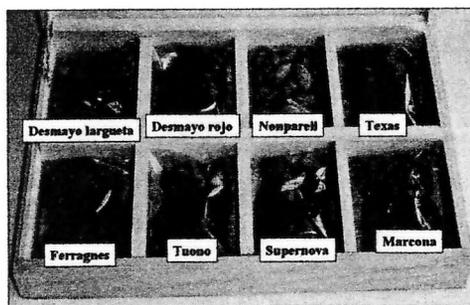


Figura 1. Variedades de almendras evaluadas

Cuadro 1. Valores extremos de las características evaluadas con escala hedónica.

Características	Mínimo (0)	Máximo (15)
Aceptabilidad	Me disgusta extremadamente	Me gusta extremadamente
Apariencia	Muy mala	Muy buena
Color	Blanquecino	Café
Aroma	Sin aroma	Muy aromático
Amargor	Sin amargor	Muy amargo
Dulzor	Sin dulzor	Muy dulce
Astringencia	Sin astringencia	Muy astringente
Sabor	Muy malo	Muy bueno
Textura	Muy mala	Muy buena
Dureza	Blando	Duro

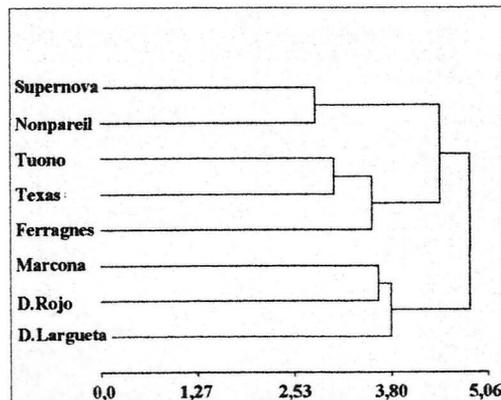
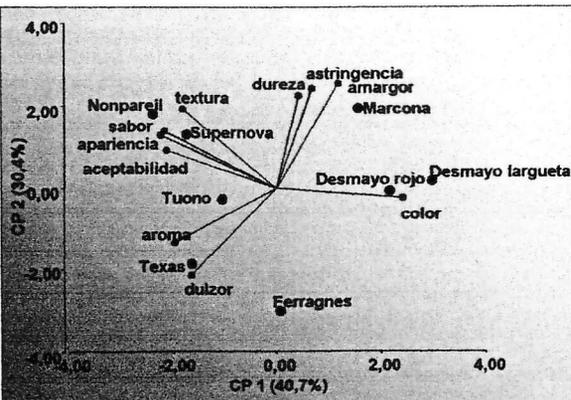
Resultados

No se presentó diferencias en apariencia, aroma, amargor, dulzor, sabor, textura y dureza; en aceptabilidad, tampoco, tanto para el panel no entrenado como para el panel entrenado. El color y la astringencia presentaron diferencias significativas entre las variedades, siendo 'Nonpareil' la más blanquecina; en astringencia, la variedad 'Texas', presentó menor valor (Cuadro 2). Mediante un análisis multivariado de componentes principales (Figura 2) y de análisis de conglomerados (Figura 3), se pudo apreciar que 'Nonpareil' y 'Supernova' están asociadas por la apariencia, sabor, textura y aceptabilidad, 'Desmayo largueta' y 'Desmayo rojo' por el color; 'Texas' y 'Ferragnes' por el aroma y dulzor. 'Tuono', en cambio no esta asociada a ninguna característica en particular.

Cuadro 2. Características evaluadas en análisis sensorial.

Variedad	Aceptabilidad*	Aceptabilidad**	Apariencia	Color	Aroma	Amargor	Dulzor	Astringencia	Sabor	Textura	Dureza
D largueta	10,7 a	9,3 a	8,3 a	11,0 c	3,3 a	3,6 a	5,1 a	5,3 d	8,4 a	9,0 a	8,6 a
D rojo	9,6 a	10,4 a	9,5 a	11,1 c	4,1 a	4,4 a	5,4 a	2,3 abc	9,0 a	8,7 a	9,9 a
Ferragnes	11,3 a	9,3 a	7,8 a	9,0 ab	4,4 a	2,4 a	6,6 a	1,8 ab	8,9 a	9,2 a	7,5 a
Marcona	10,5 a	11,1 a	9,0 a	10,5 bc	3,3 a	5,4 a	5,4 a	4,1 cd	8,7 a	9,8 a	9,2 a
Nonpareil	10,5 a	11,0 a	11,1 a	7,2 a	4,5 a	3,8 a	5,9 a	4,4 cd	10,5 a	10,1 a	9,2 a
Supernova	11,0 a	11,6 a	10,5 a	9,2 bc	3,9 a	3,5 a	6,0 a	3,8 bcd	9,3 a	10,1 a	8,9 a
Texas	11,4 a	9,9 a	10,4 a	9,6 bc	4,7 a	2,7 a	7,4 a	1,5 a	9,5 a	9,5 a	8,6 a
Tuono	11,7 a	9,9 a	10,5 a	8,7 ab	5,1 a	3,5 a	5,7 a	2,9 abc	8,9 a	9,3 a	8,7 a

*Aceptabilidad evaluada por un panel no entrenado; **Aceptabilidad evaluada por un panel entrenado



Conclusiones

Todas las variedades fueron igualmente aceptadas, por el panel entrenado y no entrenado.

La variedad 'Desmayo largueta' presenta valores altos en las características de color y astringencia.

Las variedades 'Nonpareil' y 'Supernova', fueron las más aceptadas, obtuvieron alta respuesta al sabor y textura, por lo tanto tienen características sensoriales en boca que las diferencian de las otras variedades.

Existe una gran variabilidad entre las distintas variedades, en cuanto a las características evaluadas.

Figura 2. Biplot, análisis multivariado

Figura 3. Dendrograma, análisis multivariado

CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y DE LA DEMANDA HÍDRICA DE ALMENDROS (*Prunus amygdalus* Batsch) 'DESMAYO LARGUETA' EN SECANO

L. Arias, G. Reginato, J. Haberland y C. Mauro.
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas

Objetivos

1. Caracterizar el desarrollo vegetativo y reproductivo de almendros en condiciones de secano.
2. Caracterizar la demanda hídrica de almendros en condiciones de secano.

Introducción

El almendro dentro de los frutales de hoja caduca, es muy tolerante a la sequía. Esto es posible ya que presenta su parte comestible y de interés comercial en la semilla, por lo tanto, la segunda fase de desarrollo del pericarpio, que corresponde a la parte comestible en otros frutales, no es relevante. Para este trabajo se ha planteado la siguiente hipótesis: *En condiciones de secano la cantidad de agua almacenada en el suelo producto de las lluvias de la temporada de invierno, son suficientes para el desarrollo vegetativo y reproductivo de almendros.*

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en Los Robles, Lolo1, VI región, en la temporada 2004/2005; se estudiaron 3 árboles de la variedad 'Desmayo Langueta', de 3 años de edad. El desarrollo se determinó a través de la medición de los estados fenológicos, crecimiento de las ramillas apicales y diámetro de tronco, y fue complementado con la evaluación de la interceptación solar, mediante una barra AccuPAR, midiendo la sombra proyectada al mediodía solar. La demanda hídrica se cuantificó a través del estado hídrico del suelo, con mediciones realizadas con un equipo DIVINER 2000, con 10 tubos de acceso para cada árbol y a 10 profundidades distintas, y de las plantas, con una cámara de presión (Bomba de Scholander), realizando 2 mediciones al día, 1 antes de amanecer y otra al mediodía solar.

Resultados

El día 15 de julio los árboles se encontraban en puntas verdes; el 31 de agosto en 'estado de chaqueta'. Los brotes presentaron crecimiento continuo hasta mediados de enero, cuando el crecimiento se detuvo, con un promedio aprox. de 44 cm por ramilla. El tronco continuó aumentando su diámetro durante todo el período de estudio, aunque a partir de mediados de enero-comienzos de febrero la tasa de crecimiento fue disminuyendo. La interceptación solar muestra entre comienzos de la temporada y finales de ésta, 6,61; 3,56 y 4,18 %, aumento que se aprecia principalmente hasta mediados de enero (Figura 1). El potencial hídrico xilemático, medido por la cámara de presión, presentó su punto más negativo a comienzos de febrero, con valores de hasta -1,2 MPa, para las mediciones de la mañana y con valores incluso más negativos para las mediciones del mediodía (Figura 2). Se aprecia que la planta durante todo el período extrajo agua del suelo ya que las curvas logradas con los datos entregados por el DIVINER 2000 muestran que el suelo se fue secando a medida que pasó el tiempo (Figura 3).

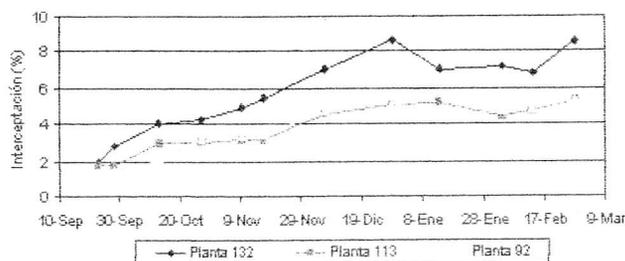


Figura 1. Interceptación solar incidente en los árboles estudiados.

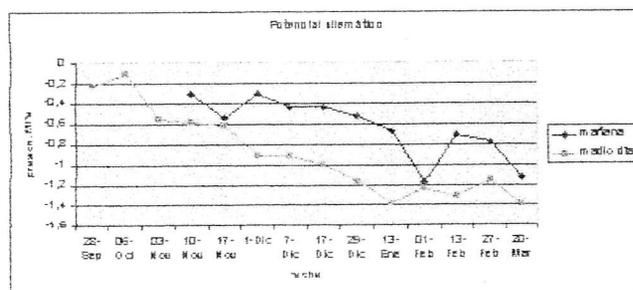


Figura 2. Promedio de mediciones de potencial xilemático, para mañana y mediodía.

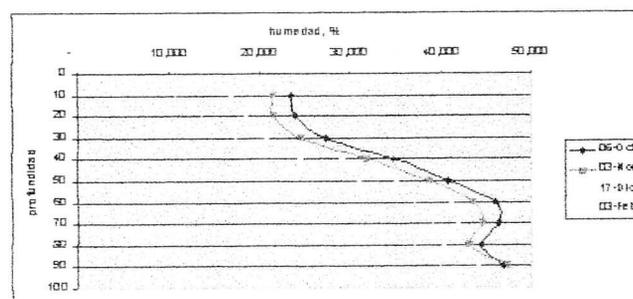
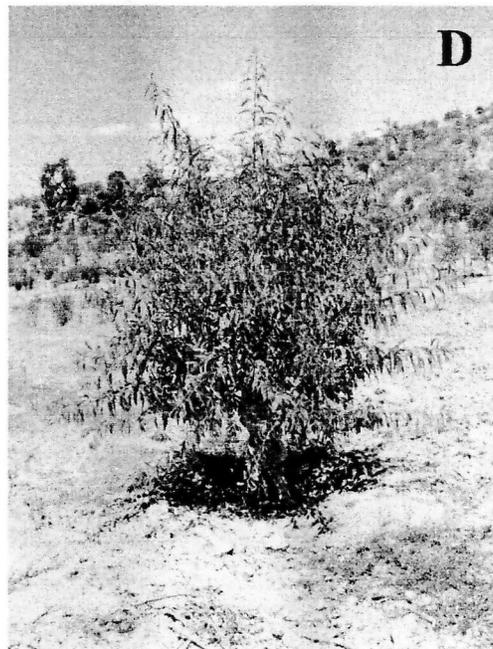
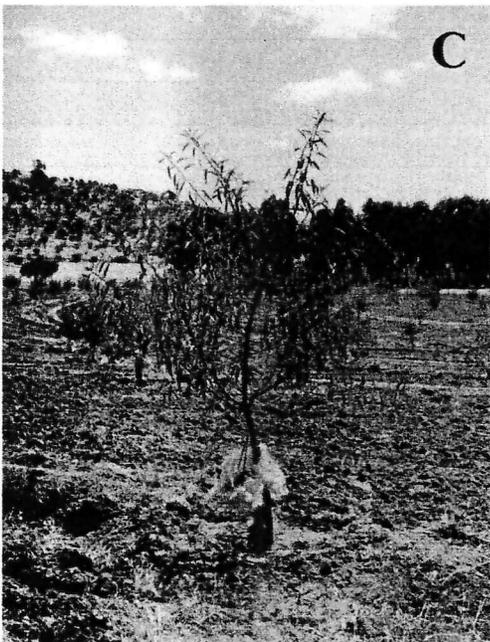
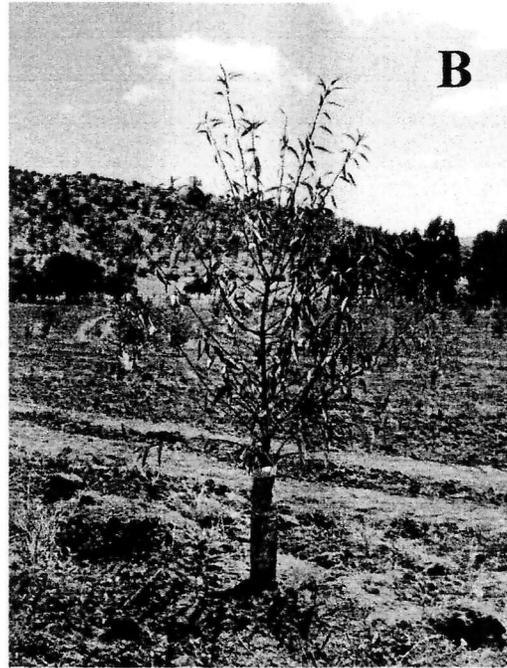


Figura 3. Evolución de la humedad en el suelo a distintas profundidades en diferentes fechas, para los árboles estudiados.

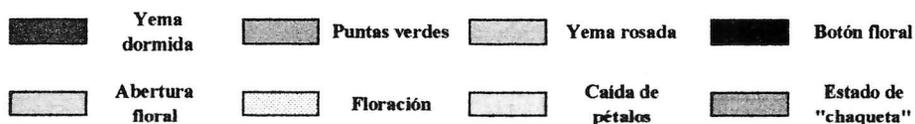
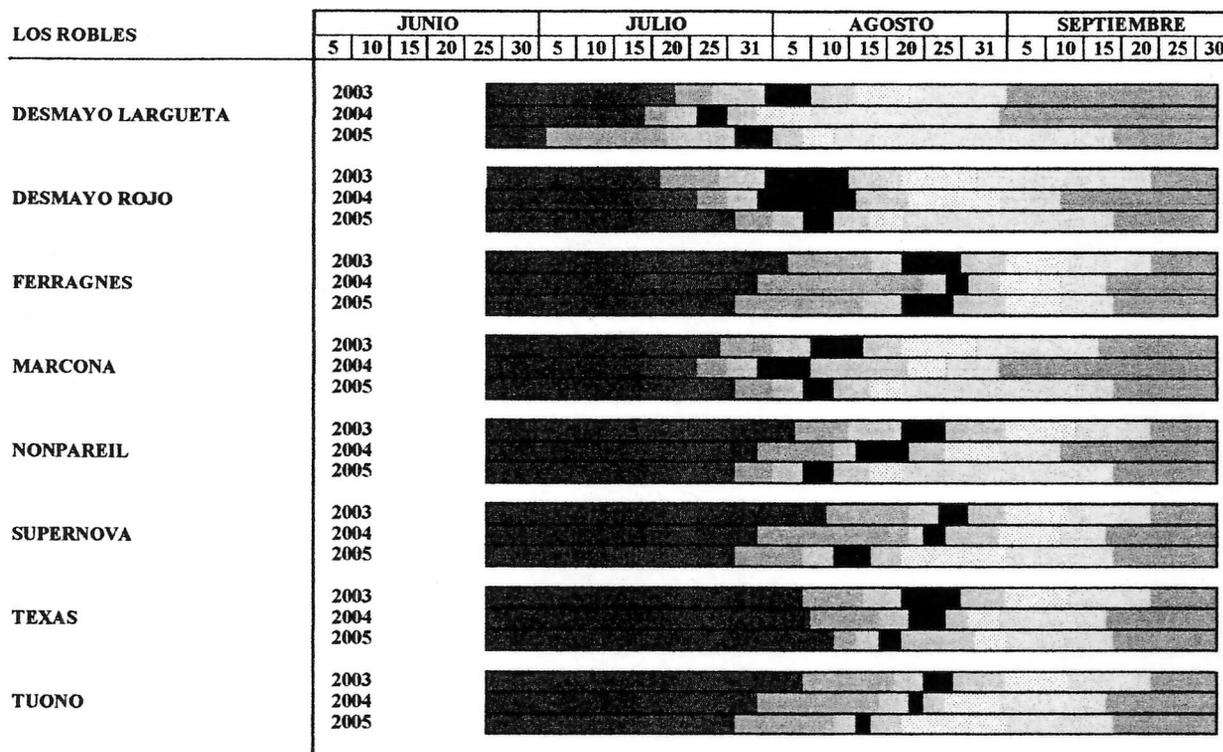
Conclusiones

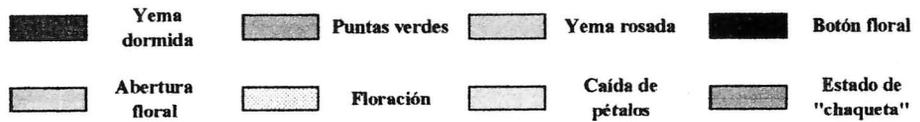
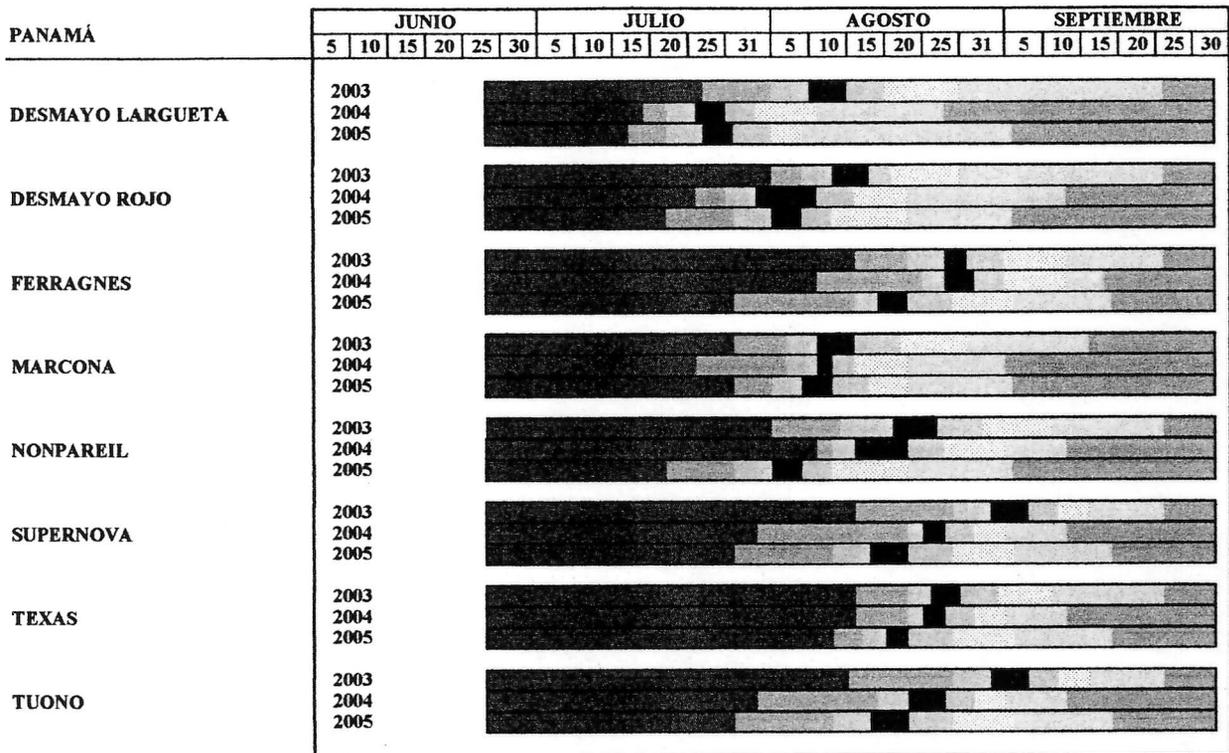
La tasa de crecimiento es importante hasta mediados de enero. Entre mediados de enero y comienzos de febrero, el potencial hídrico de las plantas presenta sus valores más negativos, es decir, la planta está extrayendo con mayor dificultad el agua desde el suelo. Es posible concluir que la cantidad de agua almacenada durante el invierno 2004 fue suficiente para el normal desarrollo de los almendros estudiados. La escasa cosecha de frutos se atribuye a la temprana floración y la consecuente mala fecundación de sus flores.

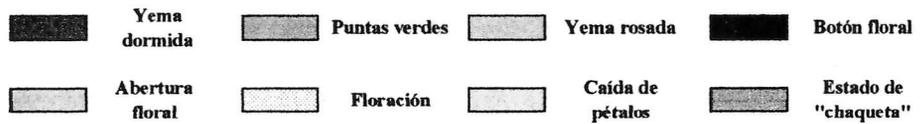
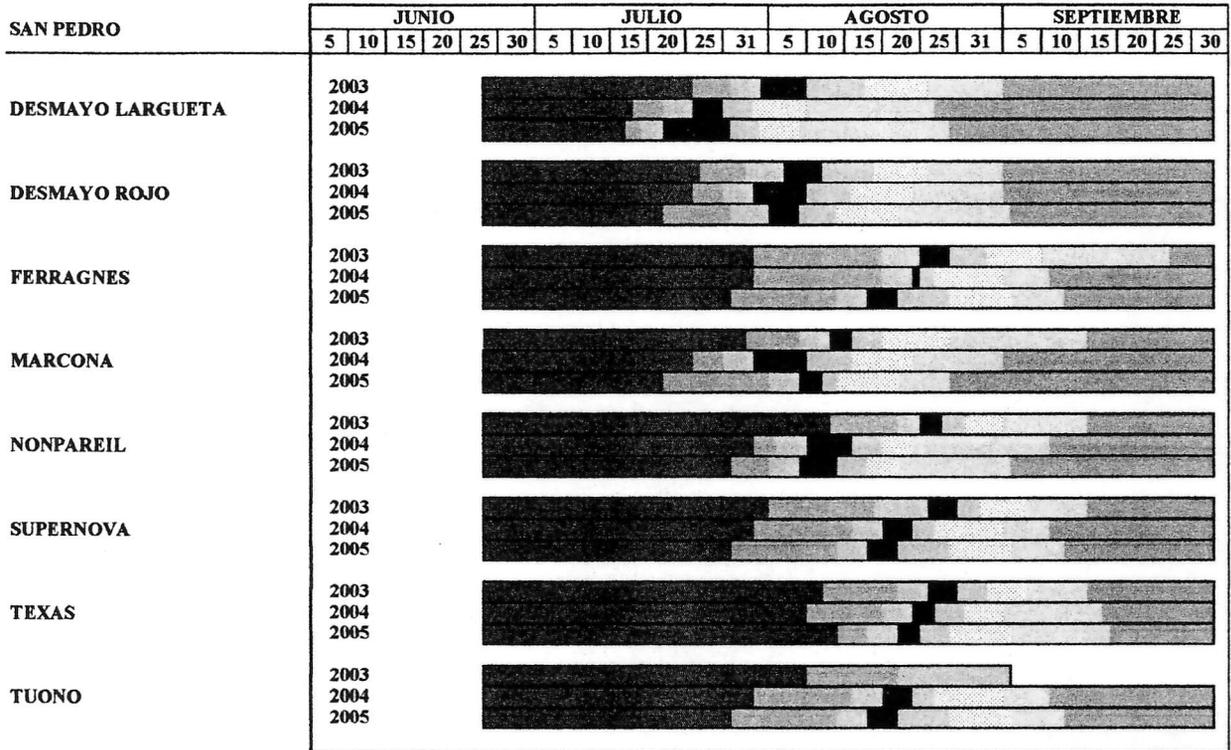


Anexo 17. Grado de defoliación de acuerdo a pauta no estructurada de 15 cm (máxima defoliación) A: cercano a 12 cm, B: cercano a 9 cm, C: cercano a 7 cm, y D: 0 .

Anexo 18. Estados de floración en las cuatro unidades demostrativas, durante los años 2004, 2005 y 2006.







SANTO DOMINGO

