

CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C.

INDUCCION A COSECHA TEMPRANA Y EFECTO EN LA CALIDAD DE LA  
NUEZ PECANERA (Carya illinoensis K.) CON EL USO DE  
ETHEPHON Y ACIDO NAFTALENACETICO.

POR

MIGUEL ANGEL MARTINEZ TELLEZ

---

Tesis aprobada por el  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL  
Como Requisito Parcial Para Obtener  
el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN NUTRICION Y ALIMENTOS

Area Ciencia y Tecnologia de Frutas y Hortalizas

HERMOSILLO, SONORA.

AGOSTO DE 1990

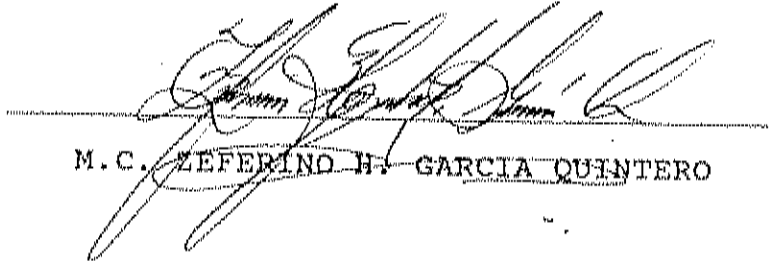
APROBACION

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de Miguel Angel Martinez Téllez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Nutrición y Alimentos.



---

DR. MIGUEL ANGEL DUARTE URIAS  
Director de Tesis



---

M.C. ZEFERINO H. GARCIA QUINTERO




---

Dr. ELHADI M. YAHIA

## DECLARACIONES DEL AUTOR

Se permiten citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se de el crédito correspondiente. Para citas o consultas más amplias o para la reproducción integra del documento para fines académicos, se podrá solicitar permiso al Director General o a la Dirección de Ciencia y Tecnología de Alimentos del CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A.C., (Apartado Postal 1735. Hermosillo, Sonora. 83000. México.) En otras circunstancias, se deberá solicitar permiso al autor.

Firmado



---

MIGUEL ANGEL MARTINEZ TELLEZ

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo financiero para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., muy especialmente a su Director el Dr. Carlos Enrique Peña Limón y a todo el personal que de una u otra manera contribuyeron para la realización de mis estudios y trabajo de tesis.

Al Centro de Investigación y Desarrollo de los Recursos Naturales de Sonora, a su Director General el Ing. Manuel Puebla Peralta y al Ing. Carlos Rombold Garcia por su apoyo para el desarrollo de mis estudios.

Al Dr. Miguel Angel Duarte Urias por su atinada dirección y asesoría en este trabajo de investigación, así como también al M. en C. Zeferino H. Garcia Quintero y al Dr. Elhadi M. Yahia por su valiosa asesoría.

A la Unión de Productores de Nuez de la Costa de Hermosillo, por su apoyo e interes en este trabajo.

Al M. en C. Alberto González León por su confianza, consejos y ayuda.

También quiero agradecer a todos mis compañeros de maestria, especialmente a Lucamen, Ana María, Aida, Gustavo y Cukis, por su colaboración incondicional.

A la Unidad de Servicios de Apoyo Académico, especialmente a Martín Preciado Rodríguez, Andres Beltran Garcia y Oscar Fraijo Grijalva por su ayuda.

Al Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, en particular al M. en C. Reginaldo Baez Sañudo, Q.B. Herlinda Soto Valdez, M. en C. Rosalba Troncoso Rojas y a la Q.B. Elsa Bringas Tadei.

DEDICATORIA

A mis amores  
Irasema y Ana Gabriela  
que me dan la fuerza para seguir adelante

A mi Mamá  
Por la formación que me diste  
Tú amor y tu confianza

A la memoria de mi Papá

## C O N T E N I D O

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCION.....	1
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
Generalidades del Nogal Pecanero.....	3
Importancia Económica de la nuez Pecanera.....	6
Etileno.....	6
Producción de Etileno en la nuez Pecanera.....	7
Generadores de Etileno.....	11
Respuestas al Tratamiento con Etileno Exógeno.	12
Auxinas.....	14
Efecto del Etileno y Auxinas en la Abscisión...	15
Estándares de Calidad de la nuez Pecanera.....	18
Estándares de Calidad para nuez Encarcelada...	19
Estándares de Calidad para nuez Descascarada..	19
Criterio de Calidad Usado por la Industria de	
la nuez.....	20
Factores que Afectan la Calidad de la nuez	
Pecanera.....	20
Color.....	20
Oxidación de Aceites.....	24
Rancidez Oxidativa.....	24
Rancidez Hidrolítica.....	25
MATERIALES Y METODOS.....	27
Experimento I.....	27
Tratamientos.....	28
Aplicación de los Tratamientos.....	28
Cosecha.....	30
Muestreo y Manejo de las Muestras.....	30
Determinaciones.....	31
Porcentaje de Abscisión de las Hojas.	31
Color de la Testa de las Almendras..	31
Valor de Peróxidos.....	31
Valor de Acidos Grasos Libres.....	32
Porcentaje de Grasa.....	32
Diseño Experimental.....	32
Experimento II.....	33
Determinación de Madurez Fisiológica.....	33
Tratamientos.....	34
Aplicación de los Tratamientos.....	34

## C O N T E N I D O (Continuación)

	Página
Determinaciones.....	36
Adelanto de la Cosecha.....	36
Diseño Experimental.....	36
RESULTADOS Y DISCUSION.....	38
Experimento I (Ciclo 1988).....	38
Absición de Hojas.....	38
Color de la Testa de las Almendras.....	41
Calidad del Aceite de las Almendras.....	43
Valor de Peróxidos.....	43
Valor de Acidos Grasos Libres.....	45
Porcentaje de Grasa.....	45
Experimento II (Ciclo 1989).....	48
Adelanto de la Cosecha.....	48
Absición de Hojas.....	49
Color de la Testa de las Almendras.....	51
Calidad del Aceite de las Almendras.....	53
Valor de Peróxidos.....	53
Valor de Acidos Grasos Libres.....	55
Porcentaje de Grasa.....	55
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Corte Longitudinal de un Fruto de nuez Pecanera.....	4
2	Producción de Etileno y Peso Fresco de nuez Pecanera .....	8
3	Producción de Etileno en Componentes de nuez Pecanera.....	10
4	Estructura Química del Acido Indolacético (AIA) y del Acido Naftalenacético (ANA)..	16
5	Porcentaje de Absición de Hojas en el Ciclo de 1988.....	40
6	Color de Almendras del Ciclo de 1988.....	42
7	Valor de Peróxidos del Aceite de Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1988.	44
8	Valor de Acidos Grasos Libres del Aceite de Almendras de nuez Pecanera del Ciclo de 1988.....	46
9	Porcentaje de Grasa de las Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1988.....	47
10	Color de Almendras del Ciclo de 1989.....	52
11	Valor de Peróxidos del Aceite de Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1989.	54
12	Valor de Acidos Grasos Libres en Aceite de Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1989.....	56
13	Porcentaje de Grasa de las Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1989.....	57



LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación de Tamaños de Piezas de nuez para la Industria.....	21
2	Clasificación de Mitades Intactas de nuez para la Industria.....	22
3	Combinación de las Dosis de los Compuestos Químicos Aplicados en los Diferentes Tratamientos.....	29
4	Calendarización de las Aplicaciones que Formaron los Tratamientos.....	35
5	Fechas de Aplicación, Cosecha, Porcentaje de nuez Cosechada y Adelanto de Cosecha en el Ciclo 1989.....	50

## RESUMEN

La falta de uniformidad en la apertura del ruezno de la nuez pecanera (Carya illinoensis K.), que ocurre después de la maduración de la almendra y la cosecha tardía son algunos problemas de los productores en el cultivo del nogal pecanero. La cosecha tardía, produce bajas ganancias, ya que los precios de la nuez son altos a principios de la temporada, además de que es ineficiente debido a que se efectua 2 o más veces cada ciclo conforme se liberan las nueces, incrementando los costos de producción. En la madurez fisiológica, la almendra tiene un color claro, después de que esto ocurre, la calidad decrece debido al oscurecimiento de la almendra, el cual es asociado con cambios oxidativos del aceite, por lo que el color de la testa de las almendras es el criterio más importante para determinar la calidad durante el mercadeo.

En este trabajo, se adelantó la cosecha de la nuez de 13 a 21 días con la aplicación de la mezcla de 800 ppm de Ethephon más 300 ppm de ácido naftalenacético, asperjando la mezcla a los 0, 11 y 14 días después de madurez fisiológica (D.M.F.) de los frutos, logrando cosechar el total de los frutos (100 %) cuando se aplicó a los 11 y 14 días D.M.F., presentándose 0 y 10 % de defoliación de los árboles sin presentar efectos negativos en la diferenciación floral el siguiente ciclo.

La aplicación de la mezcla de 800 ppm de Ethephon más 300 ppm de ANA, resultó un efecto benéfico en la calidad de las almendras, presentando un color significativamente más claro de la testa ( $p < 0.05$ ), cuando la mezcla se asperjó a los 0 días D.M.F., proporcionando con esto una posible mejor comercialización para el mercado nacional y/o de exportación. Estos resultados se obtuvieron en un estudio de dos años sin alterar otras características óptimas de calidad de las nueces como valores de peróxidos de 0.0 a 2.5 meq. de peróxido por kg de grasa, valores de ácidos grasos libres de 0.010 a 0.012 % y porcentajes de grasa en las almendras en rangos normales de 65 a 75 %.

## INTRODUCCION

Existen en México seis tipos de nueces que por su importancia económica son de interés en su manejo, siendo consideradas entre estas a las nueces pecanera, de Castilla, macadamia, almendra y pistacho (Anónimo, 1988). En México los principales estados productores de nuez pecanera y sus respectivas superficies plantadas (has.) son: Chihuahua (23,600), Coahuila (7,160), Nuevo León (5,590), Sonora (3,860), Durango (3,283) y otros estados (2,400), dando un total de 45,733 has. establecidas de nogal pecanero (Carva illinoensis K), aportando una producción total de 48,000 toneladas de nuez en el año de 1987 (Anónimo, 1988).

Para el Estado de Sonora se reportó para 1986 una superficie de 3,532 has. con un incremento de 330 has. en los siguientes 3 años, las cuales produjeron 3,060 ton de nuez pecanera, con ingresos por ventas aproximados a los 12,000 millones de pesos; destacando por su producción las variedades "Western", "Wichita" y "Mahan" (CIANO, 1984).

El destino final de la nuez pecanera producida en México se desconoce, ya que no existen datos publicados, y los que se encuentran son para regiones aisladas, teniendo en cuenta que una gran parte se destina a la elaboración de helados, pastelería, repostería y ventas al menudeo. En el estudio realizado para la nuez pecanera producida en Sonora se reporta una distribución de un 85% a la Ciudad de

México, 10% es distribuida en el estado y 5% como exportación a los Estados Unidos (Anónimo, 1982).

La cosecha tardía y la no uniformidad en la apertura del ruezno que ocurre después de la maduración, son unos de los problemas que afrontan los productores en el cultivo del nogal pecanero; este descascaramiento tardío produce ganancias bajas ya que los precios de la nuez son altos a principios de la temporada. Aunado a lo anterior, la cosecha es ineficiente debido a que se debe efectuar dos o más veces cada temporada conforme el ruezno se seca y se abre para liberar a las nueces (Heaton et al, 1977), siendo esta práctica un incremento en los costos de producción. En el lapso de tiempo entre madurez y cosecha, es necesario que ocurra la apertura del ruezno. Pasado este tiempo, la calidad de la almendra decrece debido al oscurecimiento de estas, siendo el color externo de las almendras el criterio más importante para determinar la calidad durante el mercadeo.

El color de las almendras y sus cambios durante el almacenamiento, son otros de los problemas que enfrentan los productores, afectando la comercialización hacia el mercado internacional (Caro, 1986). Es por esto que mediante el presente trabajo, se pretende desarrollar una tecnología para aumentar la calidad de la nuez pecanera y obtener cosechas tempranas para una mejor aceptación en el mercado nacional e internacional.

## REVISION BIBLIOGRAFICA

### Generalidades del Nogal Pecanero

El nogal pecanero es nativo de las zonas templadas del Norte de América, pertenece a la familia Juglandaceae, genero Carya y especie illinoensis (Brison, 1976). El árbol ocasionalmente alcanza una altura cercana a los 50 m y un diámetro de tronco de 2 m, su corteza es profundamente surcada y hojas compuestas de nueve a diecisiete folíolos con los bordes dentados. Las flores masculinas son amentos colgantes, las flores femeninas están dispuestas en racimos apretados en los ápices de las ramas (Janick y Moore, 1979). Los frutos se agrupan de uno a cuatro o más sobre un pedúnculo corto, cada uno constituye a una drupa dehiscente (Figura 1), ya que la cubierta carnosa (epicarpio y mesocarpio) denominado ruezno, se abre gradualmente conforme se seca en cuatro porciones similares para dar salida al endocarpio leñoso que encierra la semilla o almendra, reducida a un embrión con dos cotiledones que son la parte comestible de la nuez pecanera (Ruiz et al, 1967; Brison, 1976).

De los programas de fitomejoramiento de nuez en los Estados Unidos, se han liberado más de 100 selecciones híbridas registradas, las cuales se han seleccionado por su productividad, tamaño de la nuez, grosor de la

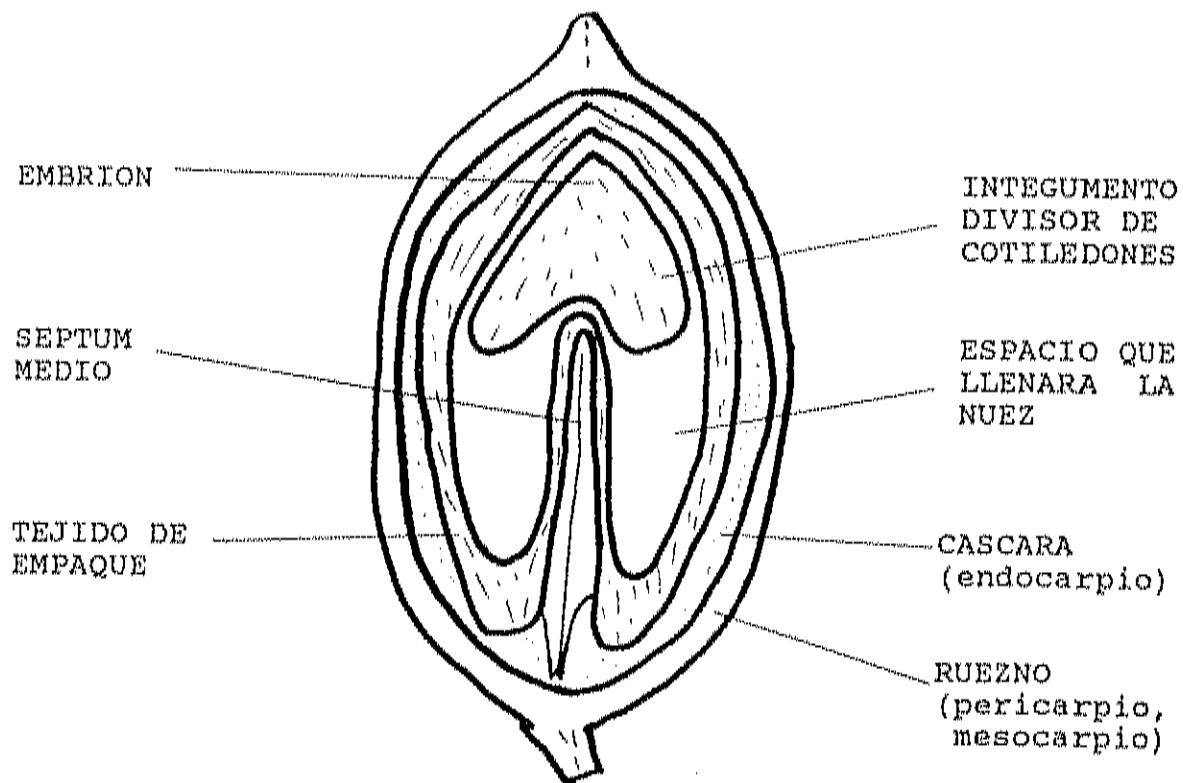


Figura 1. Corte Longitudinal de un Fruto de nuez Pecanera.

cáscara, resistencia a plagas, porcentajes de aceite y de almendra, llenado y forma de la nuez (Thompson, 1981).

En el Estado de Sonora, existen 30 variedades cultivadas destacando en importancia debido a su producción las variedades "Western", "Wichita" y "Mahan" (CIANO, 1984).

La falta de uniformidad en la apertura del ruezno, después de la maduración de la almendra, ocasiona un deficiente manejo de la cosecha, siendo necesario realizarla dos o más veces cada temporada para recolectar el total de la producción, incrementando los costos de cosecha, la cual ante estas circunstancias es considerada como una cosecha tardía (Worley, 1980).

El tiempo de cosecha en relación al desarrollo fisiológico de la almendra, es de una importancia crítica para conservar el color de las almendras. La cosecha temprana se realiza antes del desarrollo normal de la pigmentación la cual se inicia después del inicio de la apertura del ruezno, proporcionando almendras de color crema-claro. Sin embargo, la cosecha tardía ofrece almendras oscuras disminuyendo su calidad (Kays y Wilson, 1977; Woodroof, 1979), es por esto que la cosecha se debe realizar en el tiempo más corto posible después de la apertura del ruezno de los primeros frutos (Heaton y Beauchat, 1980).



El agrietamiento del ruezno, ocurre después de la máxima producción de etileno de las almendras de la nuez, para la inducción a la dehiscencia de los frutos (Lipe y Morgan, 1972).

#### Importancia Económica de la nuez Pecanera

Este cultivo, tal vez sea el aportador más significativo en la economía agrícola de los Estados Unidos de Norte América con una producción de 129,800 ton para el periodo de 1982-1988 (Wood et al, 1990). Los ingresos por ventas al mayoreo son de \$200 millones de dolares anualmente (USDA, 1988), y aproximadamente se dobla esa cantidad (Crocker, 1989), cuando se incluyen los aspectos de la industria para la elaboración de dulces, nieve, panadería, repostería y venta al menudeo (Woodroof, 1979).

#### Etileno

Químicamente el etileno es el alqueno más simple con fórmula molecular  $C_2H_4$  y peso molecular de 28.05. Existe como un gas sin color, de olor ligeramente dulce, aún a bajas temperaturas (104 °C bajo cero). En un rango de concentración de 2.75 a 2.86% en el aire, el etileno es explosivo (Abeles, 1973).

El etileno tiene un amplio rango de efectos en las plantas, desde fuertemente estimulantes hasta muy

inhibitorios; aunque todavía no se conoce totalmente su rango de acción, sus actividades de regulación conocidos son tan variados que desafía una clasificación superficial. Sus efectos sobre la maduración de los frutos y la absición de las hojas parecen deberse a la estimulación de procesos de síntesis requeridos para el desarrollo de características de senescencia o para la formación de la zona de absición. Así que sus efectos inhibitorios pueden deberse en gran parte a un efecto estimulante, operando sobre procesos de degradación (Bidwell, 1979).

#### Producción de Etileno en la nuez Pecanera

La producción de etileno en los frutos de nogal pecanero está asociada con varias etapas del crecimiento de los frutos, maduración y dehiscencia del ruezno. Lipe y Morgan (1970), reportaron que la máxima producción de etileno es de 20  $\mu\text{l}/\text{kg}/\text{h}$ , presentándose siete días antes de la dehiscencia del ruezno y antes de que el fruto alcance su máximo peso fresco (Figura 2).

El etileno producido por las almendras de la nuez, induce a la apertura del ruezno (Lipe y Morgan, 1970), y la falta de uniformidad es uno de los problemas más significativos para la cosecha de la nuez, por lo cual se plantean dos cuestiones para la medición del etileno en la apertura del ruezno:

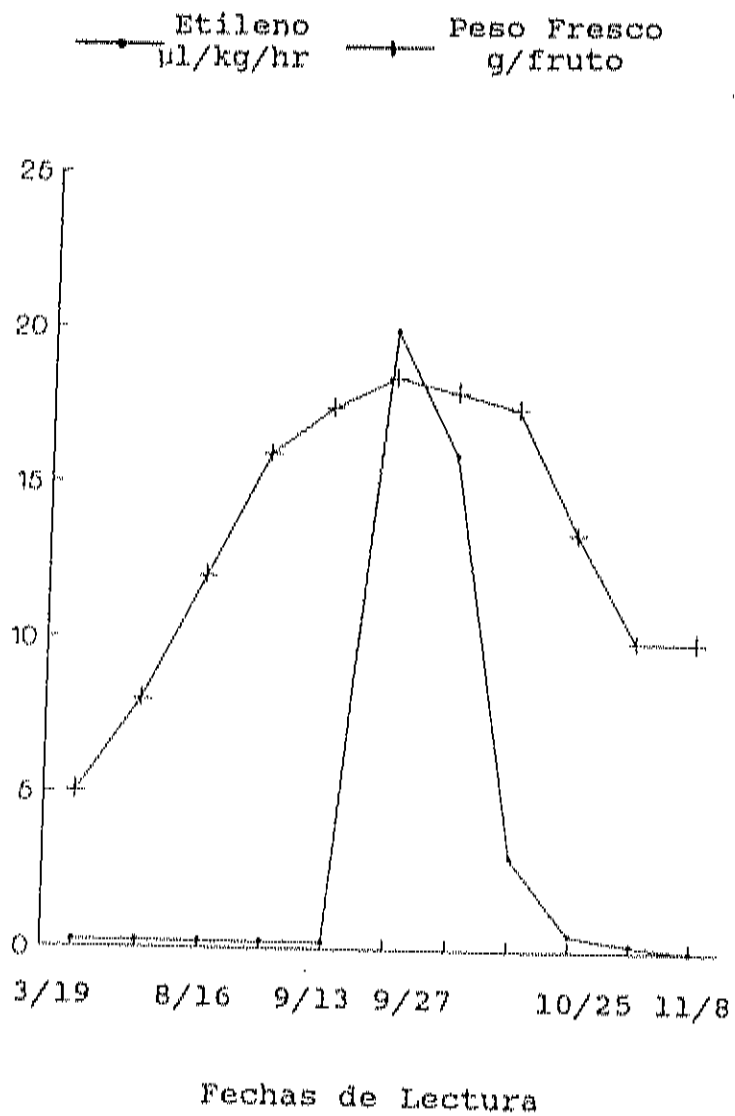


Figura 2. Producción de Etileno y peso Fresco de nuez Pecanera (Lipe y Morgan, 1970).

1. Es el etileno producido en cantidad adecuada?
2. Se produce el tiempo suficiente para lograr la inducción?

El etileno es un regulador de la dehiscencia de los frutos que exhiben los síntomas visibles de maduración, el cual es producido casi en su totalidad por las almendras de la nuez, con una producción de 1.8  $\mu$ l de etileno/fruto/hr (Figura 3). En cambio el ruezno y la cáscara producen solamente trazas (0.009 y 0.004  $\mu$ l de etileno/fruto/hr, respectivamente) (Lipe y Morgan, 1973).

La gran cantidad de etileno producido por las almendras de la nuez pecanera, parece indicar que la cáscara representa una formidable barrera para la difusión del gas hacia el ruezno, por lo que no se tiene la respuesta de este tejido (Lipe y Morgan, 1973), teniendo como consecuencia una apertura heterogénea del ruezno.

Generalmente las nueces maduran y presentan la mejor calidad para el mercado de tres a cuatro semanas antes de la cosecha; pero es necesario que ocurra la dehiscencia del ruezno en el intervalo de la maduración a la cosecha, pasado este tiempo la calidad de la almendra disminuye (Wood, 1986). Algunas variedades maduran irregularmente, como resultado de esto transcurre un extenso período de tiempo entre las primeras nueces que son liberadas y removidas del árbol y las últimas nueces maduras en el mismo (Martín, 1971).

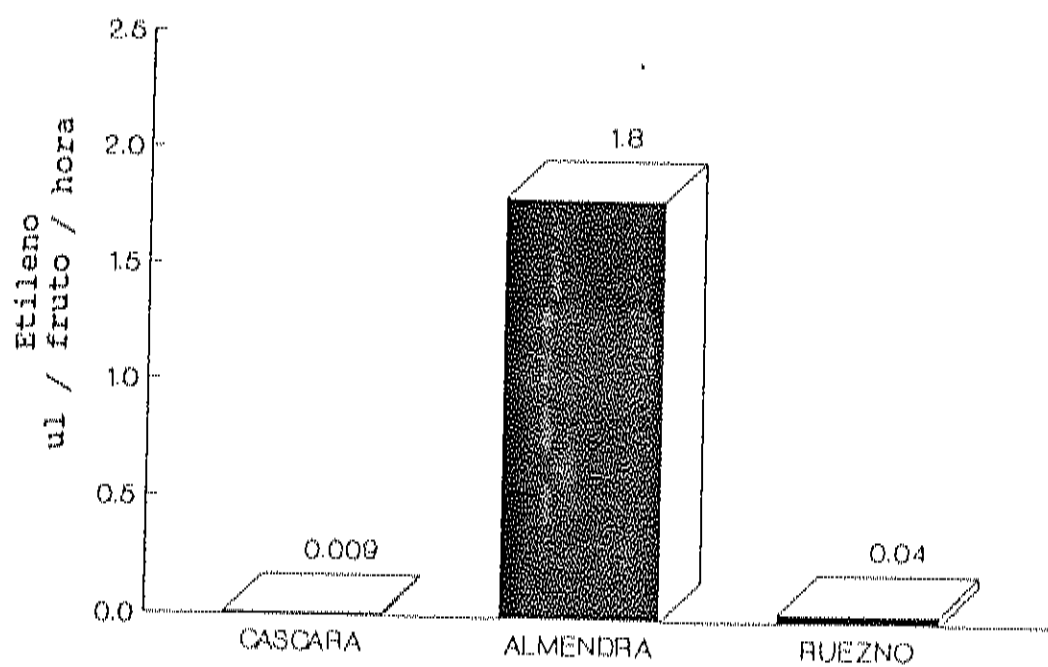


Figura 3. Producción de Etileno en Componentes de nuez Pecanera (Lipe y Morgan, 1973).

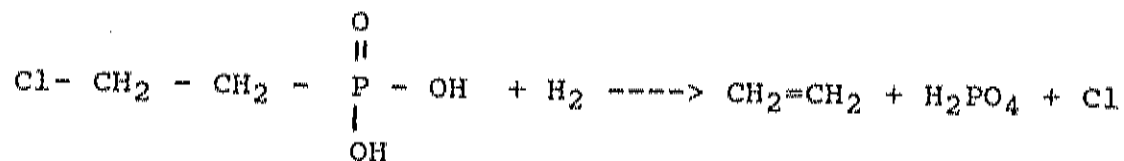
### Generadores de Etileno

El etileno puede ser aplicado como gas, o por aplicación de compuestos liberadores de etileno como el Ethephon (ácido 2-cloroetil fosfónico, (2-Cloroetiltris-(2'-Metoxietoxi) silano), y etanol por acción catalítica (Yang, 1985).

De los compuestos anteriormente descritos, el Ethephon, puede ser el más efectivo generador de etileno y es quizá el más estudiado. La síntesis del Ethephon fue primeramente descrita por Kabachnick y Rosseyaskaya en 1946 y Warner y Leopold en 1969 quienes fueron los primeros en describir su uso como regulador del crecimiento (Abeles, 1973).

El mecanismo químico para la liberación del etileno a partir del Ethephon, es a través de un ataque nucleofílico en el dianión fosfato por una molécula de agua o un grupo hidronio, y la eliminación del cloro para producir etileno (Maynard y Swan, 1963).

El rompimiento de la molécula del ácido 2-cloroetil fosfónico produce cloro, etileno y ácido fosfórico.



Reacción de Descomposición del Ethephon

La descomposición parece ser simplemente una reacción catalizada por una base, sin involucrar una reacción enzimática (Yang, 1969; Dennis et al, 1970).

La proporción de etileno liberado del ácido 2-cloroetil fosfónico depende casi exclusivamente del pH, observándose que a medida que el pH aumenta sobre 3.5 la proporción de la descomposición del Ethephon se incrementa (Edgerton y Blanpied, 1968; Klein et al, 1979). Por consiguiente la liberación de etileno puede ser acelerada significativamente por una simple elevación del pH de la solución antes de su aplicación.

#### Respuesta al Tratamiento con Etileno Exógeno

Diferentes especies vegetales han respondido a las aplicaciones de Ethephon. Estos efectos generalmente han sido relacionados por algunos investigadores como una fuente directa de etileno dentro de los tejidos, o bien como una estimulación a la síntesis en las partes tratadas (Edgerton y Blanpied, 1968).

El etileno es una hormona que regula algunos aspectos del crecimiento, desarrollo y senescencia de las plantas (Abeles, 1973), dependiendo sobre donde y cuando ocurre el etileno, puede ser benéfico o dañino para los cultivos.

Se ha demostrado la dramática influencia del etileno acelerando los cambios en la madurez y maduración, esto

sugiere la posibilidad de importantes usos en la agricultura (Wilde, 1971). Ejemplos de lo anterior, son los tomates que pueden adelantar su cosecha, madurándolos temprano aplicando aspersiones foliares de 250 a 500 ppm de Ethepon después de la polinización (Garrison, 1968). Es posible también adelantar la maduración de piña en precosecha de dos a tres semanas con aplicaciones foliares en dosis de 4 lb/acre a diferencia de 1 lb/acre aplicada para inducir a diferenciación floral (Cooke y Randall, 1968).

Para la reducción del denso follaje del algodón para la cosecha mecánica de la fibra, los productores aplican Ethepon en dosis de 2 a 8 lb/acre (Morgan, 1969).

Martín (1971), reportó que usando una dosis de 500 ppm de Ethepon se logró una óptima cosecha mecánica en árboles de nuez de Castilla sin presentar efecto de abscisión de las hojas, más sin embargo 2000 ppm causó un 50% de abscisión de las hojas presentando escasez de amentos (flores masculinas) la temporada siguiente. Actualmente el uso de Ethepon como un auxiliar en la cosecha mecánica de la nuez de Castilla, es una práctica comercial en los Estados Unidos.

Wood (1986, 1989) utilizó Ethepon como productor de etileno para inducir a la dehiscencia del ruezno. De igual manera, usó ácido naftalenacético para inhibir el efecto del Ethepon sobre la caída de las hojas, logrando inhibir



el efecto de abscisión con una dosis de 3 mM de ANA para 3 mM de Ethephon, además presentó un adelanto potencial en la fecha de la cosecha. Los resultados de este estudio indican que el Ethephon tiene el potencial para facilitar la cosecha temprana de la nuez, cuando es usado en conjunto con ANA. Además indica que el método requiere promover su investigación antes de que pueda ser usado con seguridad.

En la utilización de inyecciones de Ethephon al tronco como un potencial para auxiliar la cosecha mecánica del nogal pecanero, se han aplicado dosis de 10, 20 y 40 ppm, reportándose que el 97% de los rueznos se abrieron, presentándose una abundante caída de hojas en los árboles tratados con respecto al control (Stein et al, 1989).

#### Auxinas

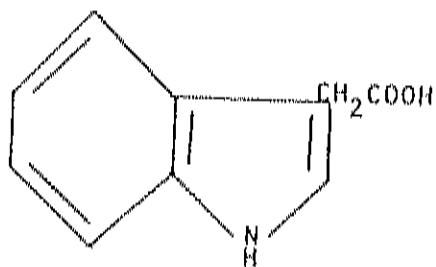
Las auxinas son el grupo de hormonas vegetales más estudiadas. El ácido indolacético (AIA), auxina natural, juega un importante papel en la división celular, elongación y diferenciación en el tejido de las plantas (Leopold y Kriedrmann, 1975). Existen compuestos químicos sintéticos análogos al AIA que son inactivos como auxinas, pudiéndose derivar de estos diversos tipos de compuestos como los fenoxiacéticos, naftalenacéticos, benzoico y picolinico, que son altamente activos como auxinas (Porter y Thimann, 1965).

Son necesarios tres rasgos generales para que los compuestos tengan actividad auxínica : un anillo insaturado, un sitio ácido en la cadena y alguna relación espacial entre los dos (Koepfli et al, 1938). La actividad auxínica del ácido naftalenacético fue observada primeramente por Zimmerman y Wicoxon en 1936.

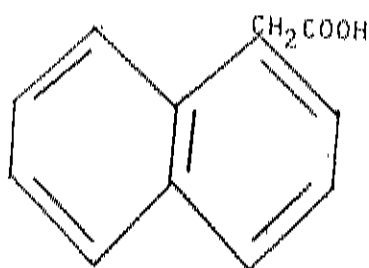
Las estructuras químicas del ácido indolacético y naftalenacético son mostradas en la Figura 4.

#### Efecto del Etileno y Auxinas en la Abscisión

La abscisión es el proceso de separación de algunas partes de la planta incluyendo hojas, tallos, frutos y flores (Gawadí y Avery, 1950). Este proceso es la separación enzimática de las células involucradas en el mantenimiento de la integridad estructural de la planta. La hormona responsable de la inducción a la degradación de la pared celular es el etileno; el cual continuamente es producido por la planta (Abeles, 1968). La habilidad de la hormona a actuar depende de la sensibilidad de la capa de células a la presencia del gas (Westwood, 1978). En comparación con gases análogos al etileno, este fue el más efectivo acelerante de la abscisión (Abeles, 1968). De acuerdo a esta hipótesis, el rol primario del etileno es acelerar la formación de enzimas responsables de la degradación de la zona de abscisión. Sin embargo, el etileno



ACIDO INDOLACETICO  
(AIA)



ACIDO NAFTALENACETICO  
(ANA)

Figura 4. Estructura Química del Acido Indolacético (AIA) y del Acido Naftalenacético (ANA).

como las auxinas, tienen diferentes efectos que pueden contribuir en la abscisión (Leopold, 1967).

Entre los efectos directos del etileno en la abscisión de las hojas podemos mencionar la activación de la pectín metil esterasa (Osborne, 1955) y acelerar el rango de inactivación del AIA (Shoji, 1959; Wood, 1985). Osborne y Moss (1963) y Leopold (1967) sugirieron que la peroxidasa efectúa un incremento en la síntesis de etileno; este proceso es considerado como un fenómeno de senescencia.

Las auxinas como el ácido naftalenacético y 2,4-dicloro-fenoxi acético (2,4-D) pueden inhibir en forma directa o indirecta uno o más sistemas enzimáticos, previniendo de esta forma la abscisión (Westwood, 1978).

La relación de auxinas-etileno, puede ser un factor importante de la prevención de la abscisión. Con una alta concentración de auxina en la parte distal de la zona de abscisión y una baja concentración en la parte proximal, se mantiene un buen control de este fenómeno biológico, presentándose después de un descenso en la relación de la parte distal a la proximal. La abscisión se acelera cuando el gradiente es al reverso (Addicot et al, 1955).

Los efectos del etileno sobre la abscisión y dehiscencia de hojas y frutos han sido utilizados como un auxiliar en la cosecha mecánica de cítricos (Ismail, 1970), olivo (Vitagliano, 1975; Hartman et al, 1968;

Hartman et al, 1976), nuez de Castilla (Martin, 1971) y nuez pecanera (Wood, 1986; 1989).

La prevención de los efectos del etileno en la abscisión de las hojas, por la acción de las auxinas ha sido estudiado ampliamente. Gaur y Leopold (1955), señalaron que la alta concentración de auxinas inhibe la abscisión, mientras que las bajas concentraciones la promueven. Así pues que estas hormonas han sido consideradas como un antídoto potencial del efecto del etileno en la abscisión de las hojas (Beyer y Morgan, 1971; Riou y Goren, 1979).

Wood (1986, 1989) utilizó ANA en árboles de nogal pecanero para contrarrestar la inducción del Ethephon a la caída de las hojas, disminuyendo este efecto con la aplicación de ANA un día antes y/o después de la aplicación del Ethephon, obteniendo un mejor resultado cuando la aplicación de ambos compuestos fué simultánea.

Por otro lado el calcio presenta un efecto de control en relación a la abscisión inducida por Ethephon en las hojas de plantulas en invernadero de nogal pecanero (Martín et al, 1980), pero es inefectivo cuando es utilizado para el control de la abscisión en árboles en el campo (Wood, 1981).

#### Estándares de Calidad de la nuez Pecanera

La aplicación de Ethephon en nuez pecanera (Wood 1986; 1989) y en la de Castilla (Martin, 1971) han mejorado

la calidad de estas, presentando un color más claro de las almendras.

En México no se encuentran reportados los factores de calidad para la nuez pecanera, ya que se rige únicamente por la oferta y demanda. Sin embargo, una buena calidad de la nuez propicia una demanda más alta del producto (Baez, 1990).

Por el contrario, en los Estados Unidos existen factores de calidad para árboles de nueces, por grados estándar del Departamento de Alimentos y Agricultura de California, cuyos factores se señalan a continuación.

#### Estándares de Calidad para nuez Encarcelada

Uniformidad de color, siendo este el factor más importante, además de talla (número de nueces por libra), limpieza, libre de daños y defectos (insectos, manchas, rajaduras o quebraduras). Almendras: similar a la nuez descascarada (Kader, 1985).

#### Estándares de Calidad para nuez Descascarada

Color, uniformidad de color, grados de secado y de desarrollo, tamaño (número de mitades por libra o diámetro de piezas), libre de defectos por encogimiento, daño por insectos, coloración interna, coloración de la testa,

rancidez y limpieza (libre de polvo, tierra y materiales adheridos) (Kader, 1985; USDA, 1969).

#### Criterio de Calidad Usado por la Industria de la nuez

De los diversos componentes de la calidad de la nuez, el tamaño y el color representan los parámetros principales utilizados por la industria (Cuadros 1 y 2).

Para la clasificación por color se utiliza equipo electrónico con sensores que remueven las nueces oscuras de las claras, separándolas por los grados de color que se señalan a continuación:

- A.- Claro
- B.- Claro ambar
- C.- Ambar
- D.- Ambar oscuro.

Los factores secundarios de calidad que tiene influencia sobre la venta son: variedad, el grado de llenado de la almendra, libre de daño y de materiales extraños (Kays, 1982).

#### Factores que Afectan la Calidad de la nuez Pecanera

##### Color

Investigaciones hechas en la pigmentación de las almendras de la nuez, han establecido que el color de

Cuadro 1. Clasificación de Tamaños de Piezas de nuez para la Industria.

TALLA (PIEZAS)	DIAMETRO MAXIMO (PULGADAS)	DIAMETRO MINIMO (PULGADAS)
Mammoth	no limitado	8/16
Extra largo	9/16	7/16
Mitades y piezas	no limitado	5/16
Largo	8/16	5/16
Mediano	9/16	3/16
Chico	4/16	2/16
Pequeño	3/16	1/16
Granulos	2/16	1/16

FUENTE: Kays, (1982).



Cuadro 2. Clasificación de Mitades Intactas de nuez para la Industria.

TALLA	NUMERO DE MITADES POR LIBRA
Mammot	250 o más
Junior Mammot	251 a 300
Jumbo	301 a 350
Extra Largo	351 a 450
Largo	451 a 550
Mediano	551 a 650
Chico	651 a 750
Pequeño	751 o más

FUENTE: Kays, (1982).

estas, se desarrolla después del inicio del período de dehiscencia del ruezno (Kays y Wilson, 1977). El incremento en el color disminuye la calidad de las almendras, ya que un color oscuro se relaciona con cambios oxidativos en el aceite de la nuez (Woodroof, 1979). La conversión de leucocianidinas y leucodelfinidinas al oxidarse, es el principal factor en el desarrollo de color rojo-café en las almendras (Senter, 1976). La presión parcial de oxígeno tiene un efecto pronunciado en el desarrollo de la coloración de las almendras (Kays, 1977).

Además de lo anterior, los fenoles presentes en la testa de la almendra son determinantes en la pigmentación que obtenga la nuez. Senter et al, (1980), reportaron que el decremento en la concentración de fenoles está relacionada con la disminución en la susceptibilidad a la rancidez y oscurecimiento de la testa en diferentes variedades. El principal compuesto fenólico es el ácido gálico contribuyendo con un 80% del contenido total de fenoles simples.

Las nueces que permanecen húmedas por períodos prolongados, después de la cosecha tienen color más oscuro debido a la permeación de taninos, ya que el tejido que divide las mitades de nuez (material de empaque) contiene 26% de taninos, estos se manifiestan en un sabor astringente si no es aplicado eficientemente la técnica del secado (Woodroof, 1979; Ryall y Pentzer, 1982).



### Oxidación de Aceites

El alto contenido de aceite de la nuez pecanera, la hace susceptible a rancidez, desarrollándose olores y sabores indeseables, siendo esta la causa más común de pérdida de calidad de la nuez. La rancidez es acompañada por un añejamiento, pérdida del aroma y sabor fresco. Los olores y sabores desagradables son consecuencia de la hidrólisis y oxidación de ácidos grasos libres (Woodroof, 1979). Este desorden es promovido por temperaturas mayores de 38 °C durante el secado, y el efecto (rancidez) se desarrolla algunas semanas o meses más tarde durante el almacenamiento (Baez, 1990).

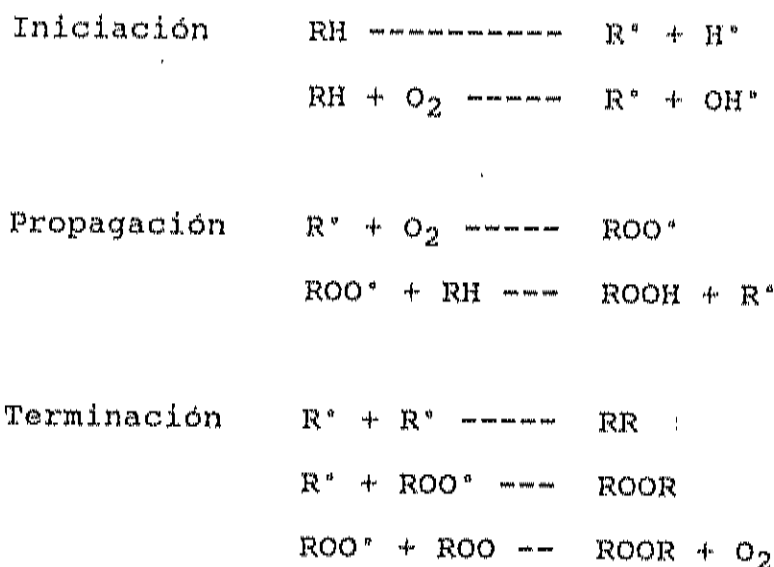
### Rancidez Oxidativa

El mecanismo de oxidación lipídica, es vía radicales libres, considerando a los ácidos grasos insaturados (las dobles ligaduras) como sustratos. Como productos de la reacción se originan una amplia variedad de ácidos volátiles, alcoholes y aldehídos, que son los responsables en el cambio en el sabor (Swern, 1964). La oxidación que más frecuentemente se presenta en aceites de origen vegetal es la de los dobles enlaces del ácido linolénico.

La presencia de un doble enlace es necesaria para que ocurra la oxidación en condiciones ordinarias. Esta reacción se lleva a cabo por medio de autooxidación, la

cual es lenta en condiciones normales, pero muy rápida en condiciones propicias para la actividad de la lipoxigenasa (St. Angelo y Ory, 1983).

El mecanismo de oxidación propuesto por Farmer y Bolland en el año de 1946 consta de tres etapas: Donde  $R^\bullet$  es un radical lipídico,  $ROO^\bullet$  es un radical peróxido lipídico, ROOR es un peróxido lipídico y RH es un lípido insaturado.



Una vez iniciada la reacción, los hidroperóxidos formados se van a convertir en radicales libres acelerando la velocidad de oxidación (Gray, 1978).

### Rancidez Hidrolítica

Esta es una reacción enzimática provocada por las lipasas y fosfolipasas y en este tipo de degradación, los

productos de la reacción son los ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y glicerol (Hulme, 1970).

No existe metodología sencilla para determinar la rancidez en los aceites vegetales. Se utilizan evaluaciones sensoriales para detectar los productos que dan olores y sabores desagradables, así como también la determinación de ácidos grasos libres como indicador de rancidez hidrolítica y el valor de peróxidos como indicadores del progreso de las reacciones de radicales libres (Caro, 1986).

## MATERIALES Y METODOS

### Experimento I

Este experimento se llevó a cabo con el objeto de determinar el efecto del uso conjunto de Ethephon o Ethrel y ácido naftalenacético en la inducción a la dehiscencia de las hojas y en la calidad de la nuez pecanera. Para su realización se utilizaron árboles de 17 años de edad de la variedad "Western" de una huerta comercial ubicada en la Costa de Hermosillo, Sonora.

A la huerta se le practicaron las labores culturales recomendadas para la región como son fertilización con Aquamonia aplicando 80 kg de nitrógeno/ha en el agua de riego; control de insectos como pulgón y chinche, para lo cual se aplicó Temik en una dosis de 15 kg/ha. Se proporcionó una lámina de riego de 1.20 m cada 15 a 20 días; el último riego antes de cosecha se realizó con treinta días de anterioridad.

A esta huerta se le aplicó una solución de cianamida de calcio al 2.5% en el mes de febrero para acelerar y homogenizar la brotación.

El suelo sobre el cual se encuentra establecido el huerto, es un suelo limoarcilloso profundo.

## Tratamientos

Los tratamientos se determinaron por las diferentes dosis de Ethephon y ANA más un adherente comercial (Sempansurf 30% ) a cada una de las mezclas mostradas en el Cuadro 3.

Los árboles sujetos a experimentación se localizaron mediante un plano del huerto. Para formar cada tratamiento se tomaron aleatoriamente 4 árboles de una hilera, y para evitar la contaminación entre tratamientos, se dejó una fila de árboles sin aplicar entre cada hilera de tratamiento.

## Aplicación de los Tratamientos

Las mezclas de Ethephon y ANA que determinaron los tratamientos se prepararon en una solución de 1000 litros/ha, que se aplicaron cuando la testa de las almendras de la nuez cambió de un color blanco a uno café claro y las marcas de la cáscara se encontraban bien definidas (madurez fisiológica) (Thor y Smith, 1935), para lo cual se muestreó el huerto completo de norte a sur y de este a oeste, hasta que un 95% de las muestras presentaron el índice antes mencionado.

Las mezclas se aplicaron al follaje de los árboles en toda la hilera del tratamiento con un aspersor de ráfaga de viento cubriendo toda el área foliar, realizando esta

Cuadro 3. Combinación de las Dosis de los Compuestos Químicos Aplicados en los Diferentes Tratamientos.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACION DE ETHEPHON (ppm)	CONCENTRACION DE ANA (ppm)
I	500	300
II	800	300
III	500	0
Testigo	----- sin Aplicación -----	



práctica a primeras horas del día (6-7 a.m.), para evitar altas temperaturas y en ausencia de vientos para no tener arrastre del producto.

#### Cosecha

Todos los tratamientos y el control, fueron cosechados once días después de su aplicación. Se realizó una cosecha manual, utilizando lonas que se colocaron previamente en el suelo para evitar el contacto de las nueces con la tierra. Las cuales se desprendieron del árbol por agitación manual de las ramas y apaleo de los racimos más altos. Se cosechó únicamente las nueces que se liberaron fácilmente del ruzno con la vibración o el golpe al racimo.

#### Muestreo y Manejo de las Muestras

Se colectó el total de las nueces de cada árbol y se tomaron tres muestras al azar de 1 kg cada una etiquetándose con los siguientes datos: tratamiento, número de muestra, variedad y fecha de la cosecha. Las muestras se trasladaron al laboratorio para someterse al secado a una temperatura de 34° C por 24 horas para disminuir el porcentaje de humedad de las nueces de un 3 a 4.5%. Posteriormente las nueces fueron almacenadas a -20° C en bolsas de polietileno de alta densidad para asegurar su conservación.

## Determinaciones

### Porcentaje de Absición de las Hojas

Se tomaron cuatro ramas orientadas hacia el norte, sur, este y oeste de cada árbol y se contó el total de hojas antes de la aplicación de los tratamientos, contándose nuevamente a los once días de aplicados los tratamientos, fecha en la cual se le proporcionó una ligera agitación a las ramas para eliminar las hojas cuya zona de absición se haya formado. El porcentaje de absición se determinó en base a número de hojas caídas.

### Color de la Testa de las Almendras

Para esta determinación, se utilizó un medidor de reflectancia relativa, marca Agtron, modelo M-500, el cual mide la claridad-obscuridad reflejada por la testa de las almendras.

Se midieron tres submuestras de cincuenta almendras completas de cada muestra, que no presentaran quebraduras ni raspaduras.

### Valor de Peróxidos

Para esta determinación, se extrajo el aceite de las almendras a las cuales se les midió el color de la testa, realizando la extracción con una prensa hidráulica

(Carber Laboratory Press, modelo C), colocando las muestras en un embolo y sometiendo a una presión de 1500 lb, colectando el aceite en una charola de acero inoxidable.

La técnica 28.025 del A.O.A.C. (1984), fué la utilizada para hacer esta determinación.

#### Valor de Acidos Grasos Libres

Para la determinación de esta variable se utilizó la técnica 28.032 del A.O.A.C. (1984), en el aceite extraído de las almendras a las cuales previamente se les midió el color a la testa.

#### Porcentaje de Grasa

Se utilizó una muestra homogénea tomada de las muestras antes de la extracción del aceite que se utilizó para las determinaciones descritas, analizándose por triplicado.

Para esta determinación se aplicó la técnica 7.054 del A.O.A.C. (1984), realizándola por triplicado y utilizando una muestra homogénea.

#### Diseño Experimental

El diseño utilizado fue completamente al azar con cuatro tratamientos, cuatro muestras y tres submuestras.

Se tomó como unidad experimental un árbol completo. Se realizó el análisis de varianza a las variables de porcentajes de abscisión de las hojas y de grasa, color de almendra, valores de peróxidos y de ácidos grasos libres.

Los análisis de varianza que presentaron diferencias significativas con una  $p > 0.05$  se les aplicó la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p > 0.05$ ) (Montgomery, 1984).

### Experimento II

Este experimento se realizó para determinar la inducción a cosecha temprana y el efecto en la calidad de la nuez pecanera utilizando Ethephon y ANA. Para lo cual se utilizaron árboles de 17 años de edad de la variedad "Western" de una huerta comercial ubicada en la Costa de Hermosillo, Sonora. Los árboles recibieron labores culturales similares a los del experimento I, con la diferencia única de que el último riego fué aplicado 20 días antes de la cosecha.

El suelo sobre el cual está establecido el huerto es un suelo franco arenoso profundo con bajas concentraciones de calcio.

#### Determinación de Madurez Fisiológica

La madurez fisiológica de la nuez pecanera ocurre cuando la testa de las almendras cambia de un color blanco

a un café claro y las marcas de la cáscara se encuentran bien definidas (Thor y Smith, 1935). Para la determinación de este índice, se muestreó el huerto completo como se indicó en el experimento I.

#### Tratamientos

Estos fueron determinados por los días después de madurez fisiológica en los cuales se aplicó la dosis de 800 ppm de Ethephon más 300 ppm de ANA con un adherente comercial (Sempansurf 30 % ), correspondiendo a los 0, 11 y 14 días después de madurez fisiológica (D.M.F.), Siendo esta la mezcla que presentó mejores resultados en el experimento I.

A continuación se describen los días después de madurez fisiológica y los porcentajes de apertura de ruzno que correspondieron a los tratamientos (Cuadro 4).

Los árboles sujetos a experimentación se seleccionaron de la manera descrita en el experimento anterior (experimento I).

#### Aplicación de los Tratamientos

Se aplicó una mezcla de Ethephon (800 ppm) y ANA (300 ppm), a los tratamientos en los índices mencionados previamente, asperjando una solución de 1000 lts/ha sobre el follaje de los árboles usando un aspersor de dos

Cuadro 4. Calendarización de las Aplicaciones que Formaron los Tratamientos.

TRATAMIENTO	DIAS DESPUES DE MADUREZ FISIOLOGICA	% DE APERTURA DEL RUEZNO
I	0	0
II	11	30
III	14	50-60
Testigo	----- sin Aplicación -----	

pistolas a presión reducida equipado con un tanque de 400 lts, cubriéndola totalidad del área foliar. La aplicación se realizó a primeras horas del día (6-7 a.m.) y en ausencia de vientos para evitar altas temperaturas y el arrastre del producto, respectivamente.

Para la cosecha, muestreo y manejo de las muestras, se siguió la metodología planteada para el experimento I.

### Determinaciones

#### Adelanto de la Cosecha

Para determinar la diferencia en el tiempo de cosecha entre los tratamientos y el control, se tomó como referencia la fecha de cosecha del control, restándole a esta la fecha de recolección de cada tratamiento, determinando así los días de adelanto en la cosecha de los tratamientos con respecto al control.

Para las determinaciones de: porcentaje de absición, color de la testa de las almendras, valores de peróxidos, de ácidos grasos libres y porcentaje de grasa evaluadas en este experimento, se utilizó la metodología planteada para el experimento I.

### Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos , cuatro muestras y tres submuestras, teniendo

como unidad experimental un árbol completo. De la misma manera que el experimento I, se realizaron análisis de varianza a las variables de porcentaje de abscisión de las hojas, color de almendra, porcentaje de grasa, valores de peróxidos y de ácidos grasos libres.

A los análisis de varianza con diferencias significativas entre tratamientos para una  $p > 0.05$  se les aplicó la prueba de rango múltiple de Tukey para una  $p > 0.05$  (Montgomery, 1984).



## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados son presentados en dos secciones, analizando en la primera los obtenidos en el experimento I desarrollado en el ciclo de 1988, donde se seleccionó la dosis aplicada de Ethephon y ANA con mejores resultados preliminares en cuanto a calidad de la nuez y al efecto de control de la defoliación con ANA. En la segunda parte, son analizados los resultados del experimento II desarrollado en el ciclo de 1989, determinándose el mejor índice de madurez para la aplicación de la dosis de Ethephon y ANA en la inducción a una cosecha temprana y homogénea.

### Experimento I ciclo 1988

Efecto del uso combinado de Ethephon y ANA sobre la abscisión de las hojas y la calidad de la nuez pecanera.

#### Abscisión de Hojas

La caída prematura de las hojas en el nogal pecanero, puede ocasionar una alternancia de la producción en la siguiente temporada, como consecuencia de una deficiente acumulación de carbohidratos necesarios para la iniciación de la brotación y diferenciación floral.

Los promedios del porcentaje de abscisión de las hojas, son mostrados en la Figura 5, destacando los tratamientos I y II correspondientes a las dosis de 500 ppm de Ethephon/300 ppm de ANA y 800 ppm de Ethephon/300 ppm de ANA, respectivamente, que presentaron los menores porcentajes de abscisión (5 y 10 %).

En estos tratamientos no se presentó una deficiente brotación, ni mal llenado de las nueces en la temporada de 1989. Concordando estos resultados con los de Wood (1986), quién reportó que una mezcla de ANA y Ethephon mostraron bajos niveles de abscisión de las hojas al utilizarse en dosis de 3 mM (433 ppm) de Ethephon con 1.5 mM (280 ppm) y 3 mM (560 ppm) de ANA, ocasionando un 15 y 5 % de abscisión de las hojas en nuez pecanera respectivamente. Así mismo Wood en (1989), reportó que una aplicación por tres años consecutivos de este tratamiento, puede ocasionar una disminución en la diferenciación floral, ocasionando un decremento muy fuerte en la producción. Comparación que pudiera realizarse en el futuro con estas dosis y estos árboles.

Finalmente el tratamiento III en el cual se utilizó la dosis de 500 ppm de Ethephon ocasionó un 25 % de abscisión, sin presentarse falta de diferenciación floral en el siguiente ciclo de producción. Actualmente se desconoce el grado de pérdida de hojas necesario para inducir una caída significativa de la producción del siguiente año o

I 500 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
II 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
III 500 ppm Ethephon  
TESTIGO sin aplicación

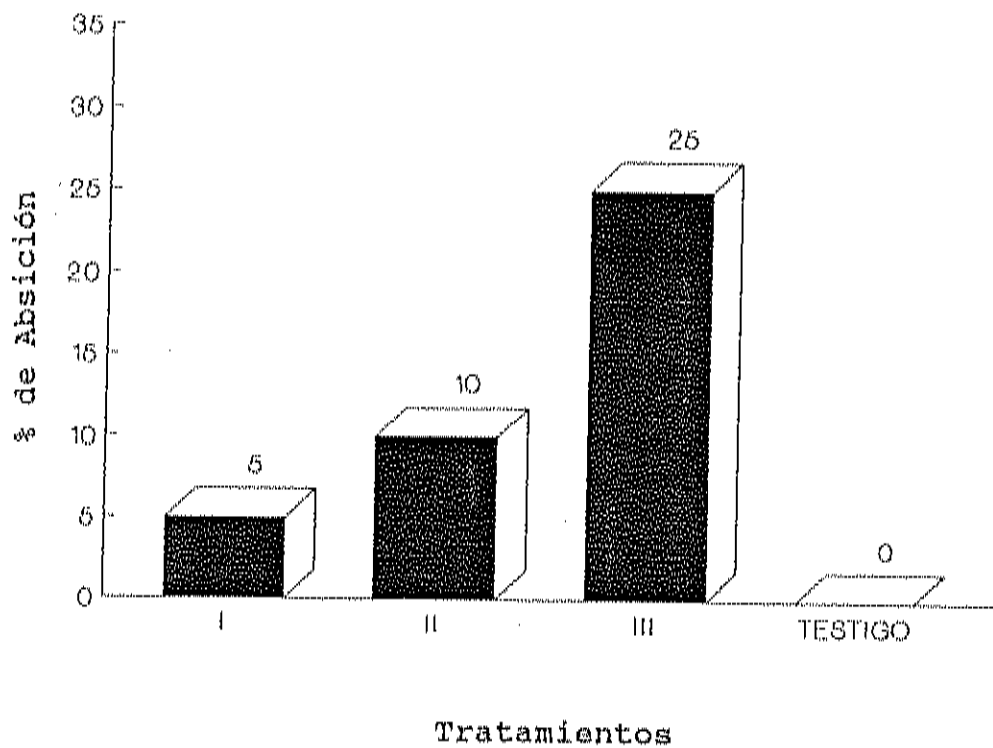


Figura 5. Porcentaje de Abscisión de Hojas en el Ciclo de 1988.

para la calidad de la nuez. Sin embargo, Martín (1971), reportó porcentajes de defoliación del 50% para nuez de Castilla al utilizar Ethephon como un auxiliar para la cosecha mecánica en dosis de 2000 ppm.

#### Color de la Testa de las Almendras

Este atributo es usado durante el mercadeo como un criterio general de calidad; como se mencionó anteriormente se asocia un color oscuro de la testa con un deterioro en la calidad sensorial, esta relación no debe ser muy confiable debido a que existen diferencias en el color por variedad, época de cosecha y las condiciones de secado (Kays, 1979).

El color de las almendras en el tratamiento II (800 ppm de Ethephon/300 ppm de ANA) presentó una reflectancia relativa de 30.737 (Figura 6), significativamente diferente con la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p < 0.05$ ), presentando una coloración más clara de las almendras que los tratamientos I, III y testigo.

Wood (1986, 1989) reportó que en evaluaciones subjetivas no se presentaron efectos adversos en el color y llenado de las almendras con aplicaciones de 280 ppm ANA y 433 ppm Ethephon en nuez pecanera. Por otro lado, Martín (1971) reportó un color más claro en las almendras de nuez de Castilla cuando se utilizó Ethephon como un auxiliar en la cosecha mecánica.

I 500 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
II 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
III 500 ppm Ethephon  
TESTIGO sin aplicación  
\* Diferentes letras indican diferencias  
significativas (Tukey  $p < 0.05$ )

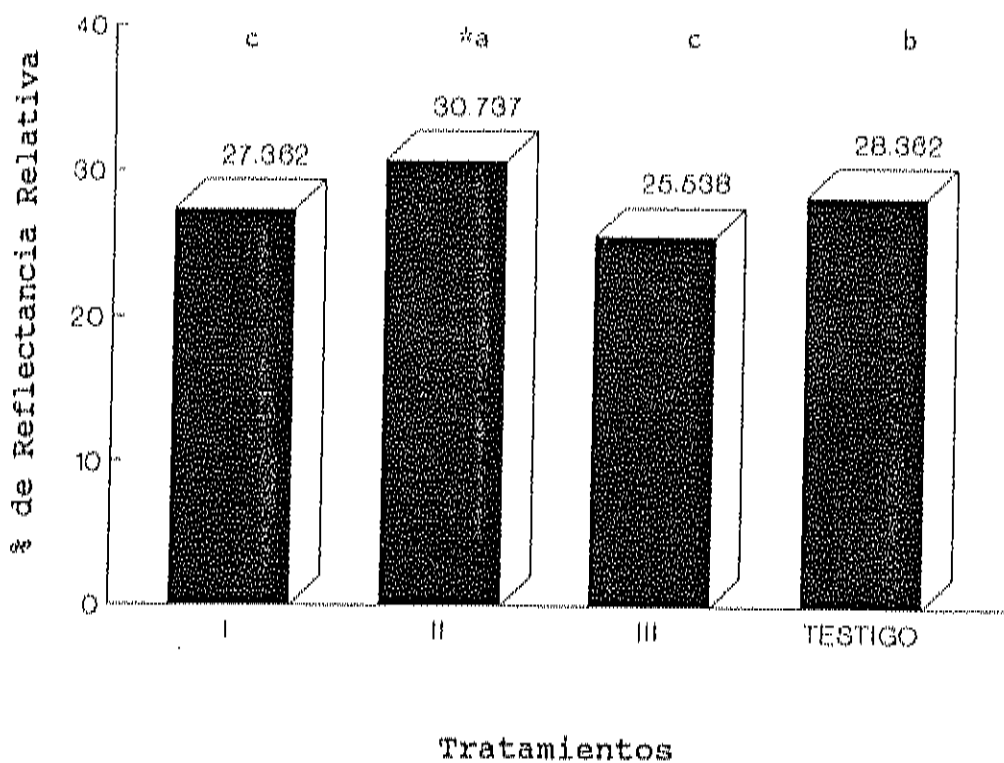


Figura 6. Color de Almendras del Ciclo de 1988.

## Calidad del Aceite de las Almendras

### Valor de Peróxidos

El valor de peróxidos es una medida relativa en el desarrollo de la rancidez, ya que son los primeros productos de la oxidación de lípidos.

El valor de peróxidos encontrado en el aceite de las nueces (Figura 7), fluctuó en el rango de 3.343 meq. de peróxidos/kg de grasa en el tratamiento II a 1.312 meq. de peróxidos/kg de grasa en el testigo siendo todos los valores estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ ). Caro en 1986, reportó que en análisis de la calidad de aceites de nuez pecanera recién cosechada, obtuvo valores de peróxidos en un rango de 4.08 a 4.30 meq. de peróxido/kg de grasa, similares a los reportados por Heaton et al, (1977), siendo valores superiores a los encontrados en este trabajo.

Este rango de valores de peróxidos encontrados en los tratamientos de este experimento, se encuentran dentro de los permitidos para un aceite de óptima calidad, (0.00 a 10 meq. de peróxidos/kg de grasa) de acuerdo a lo reportado por Egan et al, 1987. Los factores que influyen en la velocidad de oxidación en los aceites son el tiempo y las condiciones de almacenamiento (temperatura, presencias de oxígeno y de catalizadores). De los resultados obtenidos de valores de peróxidos tan bajos, se puede esperar una

I 500 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
II 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
III 500 ppm Ethephon  
TESTIGO sin aplicación  
El ANDEVA no mostró diferencias  
significativas entre tratamientos  
( $p < 0.05$ )

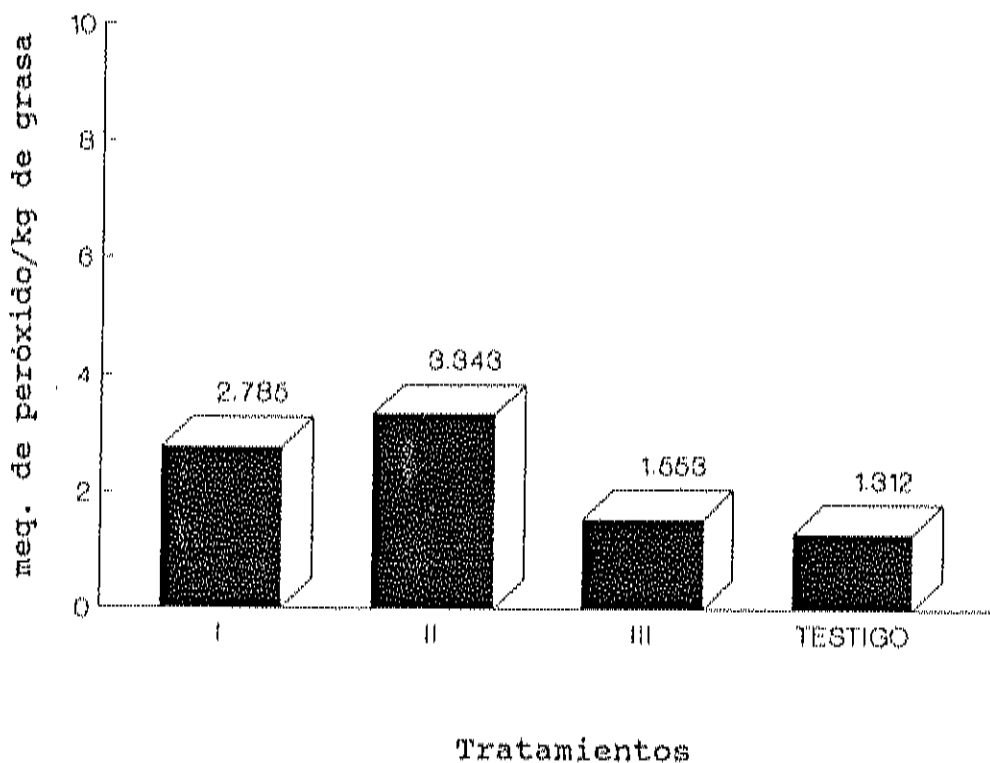


Figura 7. Valor de Peróxidos del Aceite de Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1988.

vida más larga poscosecha de las nueces, si son conservadas en condiciones óptimas de almacenamiento.

#### Valor de Ácidos Grasos Libres

No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los que respecta al valor de ácidos grasos libres (A.G.L.), presentándose mayor cantidad en el testigo que en los tratamientos (Figura 8). Los resultados anteriormente expuestos señalan que el aceite de las nueces es de primera calidad, dados los valores tan bajos de A.G.L. cuya rancidez oxidativa está en su fase inicial. Por otro lado, Caro (1986) reportó valores de 0.08 a 0.11 % de A.G.L. en nuez proveniente de cosecha tardía.

Los valores bajos de A.G.L. encontrados en el aceite de las nueces nos indica que el aceite es de reciente extracción, ya que al haber rompimiento de células en la extracción del aceite, se favorece el contacto de los lípidos con las enzimas (lipasas y fosfolipasas) que llevan a cabo la hidrólisis de los mono y diglicéridos, incrementando rápidamente el valor de ácidos grasos libres.

#### Porcentaje de Grasa

En cuanto al porcentaje de grasa (Figura 9), se observa un valor de 75.491 % por peso seco para el testigo, siendo significativamente diferente al resto de los



I 500 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
II 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
III 500 ppm Ethephon  
TESTIGO sin aplicación  
El ANDEVA no mostró diferencias  
significativas entre tratamientos  
( $p < 0.05$ )

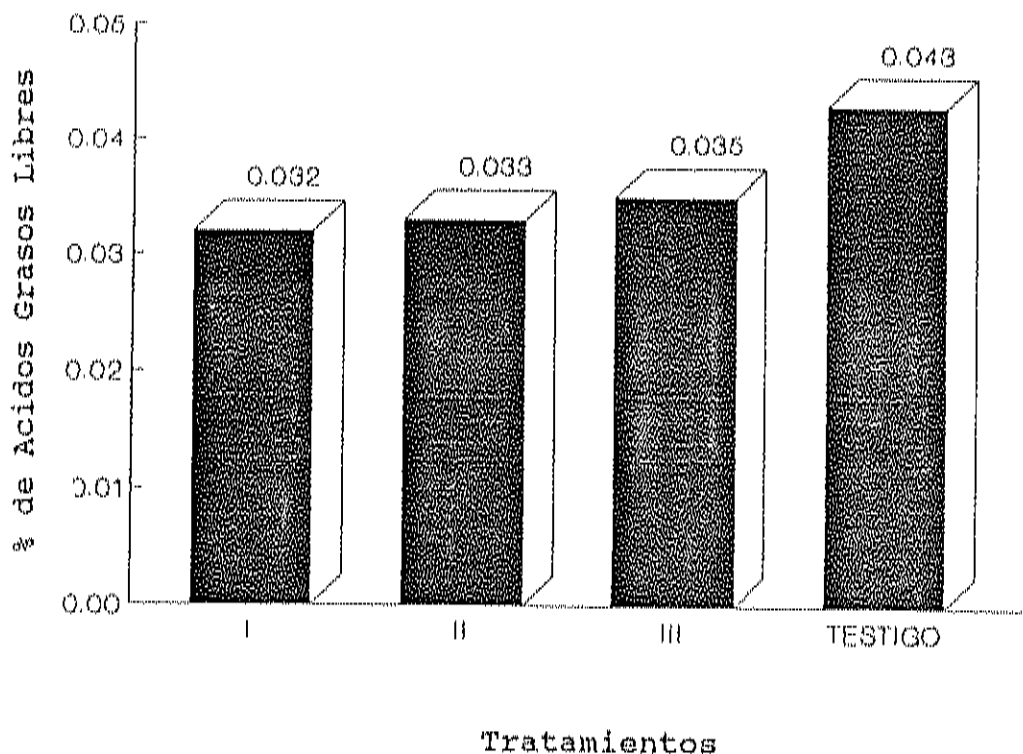


Figura 8. Valor de Acidos Grasos Libres del Aceite de Almendras de nuez Pecanera del Ciclo de 1988.

I 500 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
II 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA  
III 500 ppm Ethephon  
TESTIGO sin aplicación  
\* Diferentes letras indican diferencias  
significativas (Tukey  $p < 0.05$ )

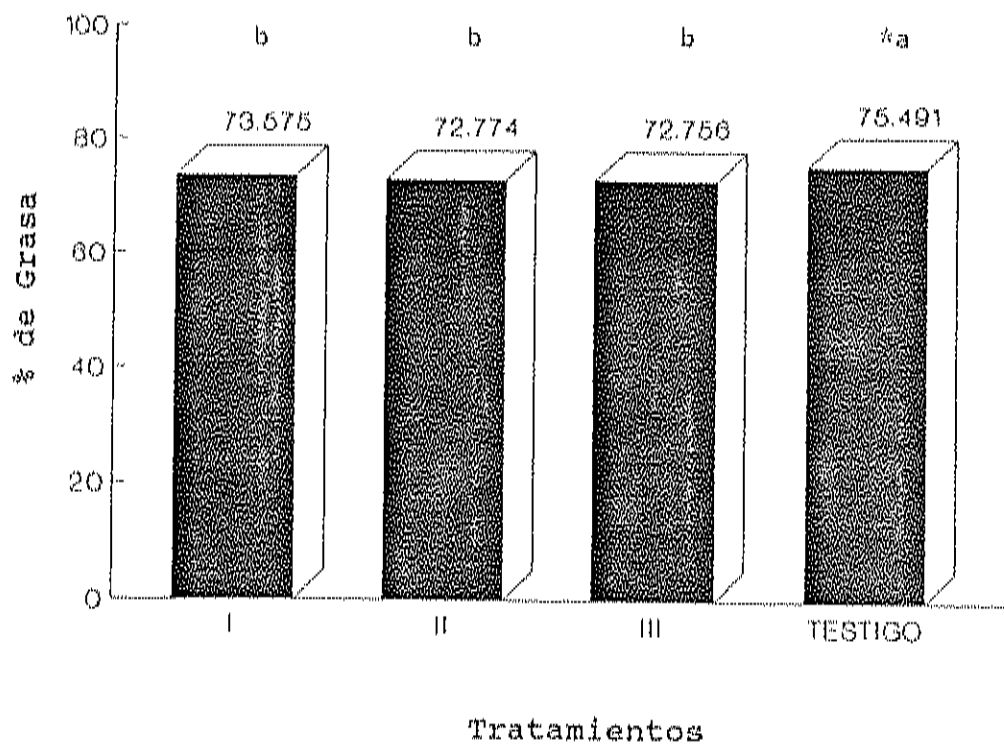


Figura 9. Porcentaje de Grasa de las Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1988.

tratamientos ( $p < 0.05$ ). Posiblemente el efecto de la disminución en la cantidad de grasa es atribuida al efecto de la aplicación de las diferentes dosis de Ethephon y ANA. Sin embargo nueces con porcentaje de grasa dentro de este rango son consideradas de alta calidad (Brison, 1976; Woodroof, 1979). Estos valores de % de grasa, son similares a los obtenidos por Caro (1986), para nuez tardía recién cosechada en la Costa de Hermosillo.

#### Experimento II (ciclo 1989)

Del experimento realizado para determinar la inducción a cosecha temprana y efecto en la calidad de la nuez pecanera con el uso de la mezcla de 800 ppm de Ethephon y 300 ppm de ANA, se obtuvieron los resultados que se describen a continuación.

#### Adelanto de la Cosecha

La mezcla de 800 ppm de Ethephon/300 ppm de ANA aplicada al momento de madurez fisiológica (tratamiento I), indujo a una cosecha temprana 21 días antes que el testigo, homogenizando la cosecha en un 80%, y cuando la aplicación de la mezcla determinada de Ethephon/ANA, se aplicó a los 11 y 14 días después de madurez fisiológica

(tratamientos II y III, respectivamente) se logró adelantar la cosecha 13 días antes que el testigo, y homogenizarla en un 100 %, y el testigo se cosechó 21 días después de que ocurrió la madurez fisiológica de los frutos, obteniéndose únicamente el 80% de ellos (Cuadro 5).

Wood (1986) reportó que Ethepon y ANA en dosis de 433 y 280 ppm respectivamente logró adelantos de 2 a 3 semanas antes de lo normal, homogenizando la cosecha en un 100 % en árboles de 75 años de edad de la variedad "Moneymaker" en el Sureste de los Estados Unidos.

Además de lo anterior, en nuez de Castilla se ha reportado un adelanto en la cosecha de 3 semanas antes de lo normal con el uso de 500 a 1000 ppm de Ethepon, presentando las nueces mejor calidad que la del testigo (Martin, 1971).

#### Absición de Hojas

El control de la absición de las hojas en el presente experimento se logró en un 100%, ya que al momento de realizar la evaluación no se presentó desprendimiento foliar.

El proceso de defoliación se presentó hasta mediados del otoño (15 - 30 de Noviembre), fecha en que se presentó la caída natural de las hojas para el inicio de la dormancia en todo el huerto. Contrastando con los

Cuadro 5. Fechas de Aplicación, Cosecha, Porcentaje de nuez Cosechada y Adelanto de Cosecha en el Ciclo 1989.

TRATAMIENTOS	APLICACION	COSECHA	% DE NUEZ COSECHADA	ADELANTO DE COSECHA
I <sup>1</sup>	SEPT. 27	OCT. 9	80	21 Días
II <sup>2</sup>	OCT. 8	OCT. 17	100	13 Días
III <sup>3</sup>	OCT. 11	OCT. 17	100	13 Días
TESTIGO <sup>4</sup>		OCT. 30	80	

Dosis aplicada: 800 ppm de Ethephon/300 ppm de ANA

1 I : aplicación de la dosis a los 0 días D.M.F.

2 II : aplicación de la dosis a los 11 días D.M.F.

3 III : aplicación de la dosis a los 14 días D.M.F.

4 TESTIGO : sin aplicación de la mezcla de Ethephon/ANA

D.M.F.- Días después de madurez fisiológica

resultados de este trabajo, Wood (1986), en su experimento observó que con la aplicación de 433 ppm de Ethephon se presentaron altos niveles de abscisión de las hojas, los cuales pueden disminuirse cuando se mezclan de 560 a 2000 ppm de ANA con el Ethephon, presentándose de 5 a 15 % de abscisión.

Al igual que sucede con otros reguladores de crecimiento, los resultados obtenidos en los distintos estudios han sido variables y en algunas ocasiones contradictorios. Gran parte del éxito en la aplicación del Ethephon depende de que sea efectuada en el momento adecuado. Además, existen otros factores que influyen en la forma decisiva en el resultado de la aplicación : la variedad, las condiciones climáticas en el momento de la aplicación y el período posterior, las características del suelo y las técnicas de cultivo, así como el contenido de humedad del árbol (Casas y Llacér, 1989).

#### Color de la Testa de las Almendras

Los valores de reflectancia relativa de los tratamientos (claridad-oscuridad reflejada por el color de la testa de las almendras), son mostrados en la Figura 10. La aplicación de la mezcla de 800 ppm de Ethephon/300 ppm de ANA, al momento de madurez fisiológica (tratamiento I ), proporcionó un color de almendra

Dosis utilizada 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA

I 0 días después de madurez fisiológica

II 11 días después de madurez fisiológica

III 14 días después de madurez fisiológica

TESTIGO sin aplicación de la dosis

\* Diferentes letras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0.05$ )

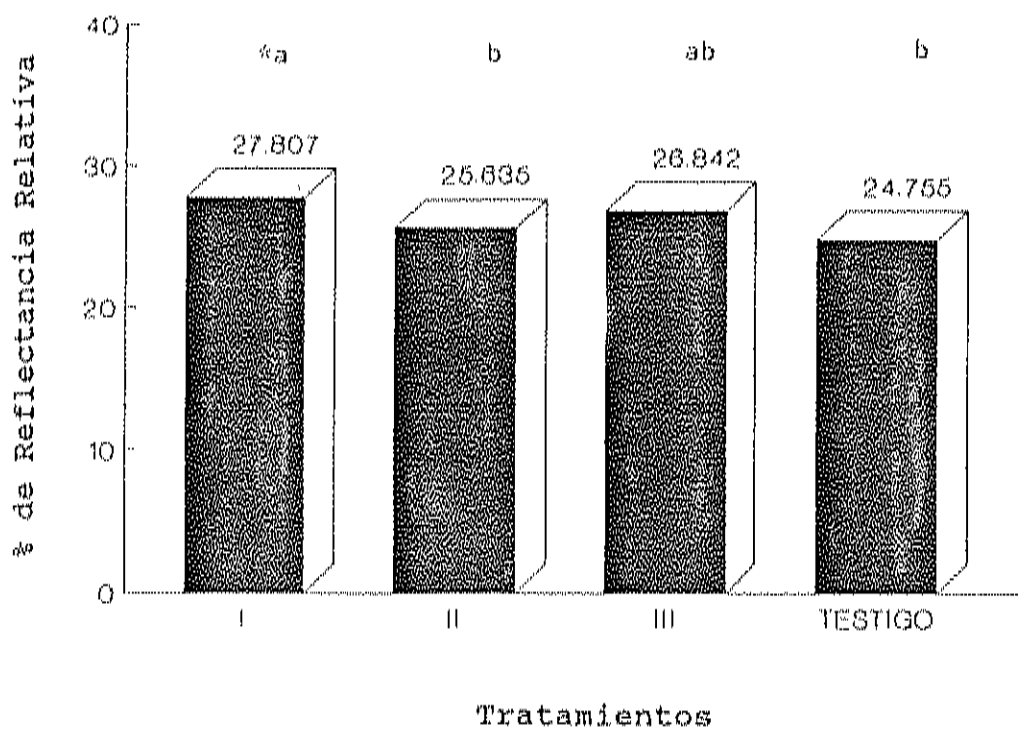


Figura 10. Color de Almendras del Ciclo de 1989.

significativamente más claro ( $p < 0.05$ ) que el resto de los tratamientos y el testigo. Esta coloración es muy importante, ya que en la nuez pecanera el color de la testa de las almendras es el principal factor para determinar su calidad (Woodroof, 1979). Los tratamientos II, III y testigo presentaron valores estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ ) presentando una calidad menor que las almendras del tratamiento I debido al incremento en color que presentaron, ya que la fecha de cosecha es un factor que interviene en el aumento de color de las almendras (Kays, 1979).

#### Calidad del Aceite de las Almendras

##### Valor de Peróxidos

Para el ciclo de 1989 los tratamientos II y III presentaron valores de 0.0 meq. de peróxidos/kg de grasa (Figura 11). En cambio, el tratamiento I presentó un ligero contenido (0.333 meq. de peróxidos/kg de grasa) contrastando estos resultados con los presentados por el testigo (0.119 meq. de peróxidos/kg de grasa), siendo todos estos valores menores que los reportados en el ciclo de 1988. Esta disminución es atribuida al mejor manejo de las muestras en almacenamiento a 20 °C bajo cero, en bolsas de polietileno de alta densidad empacadas al vacío.



Dosis utilizada 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA

I 0 días después de madurez fisiológica

II 11 días después de madurez fisiológica

III 14 días después de madurez fisiológica

TESTIGO sin aplicación de la dosis

\* Diferentes letras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0.05$ )

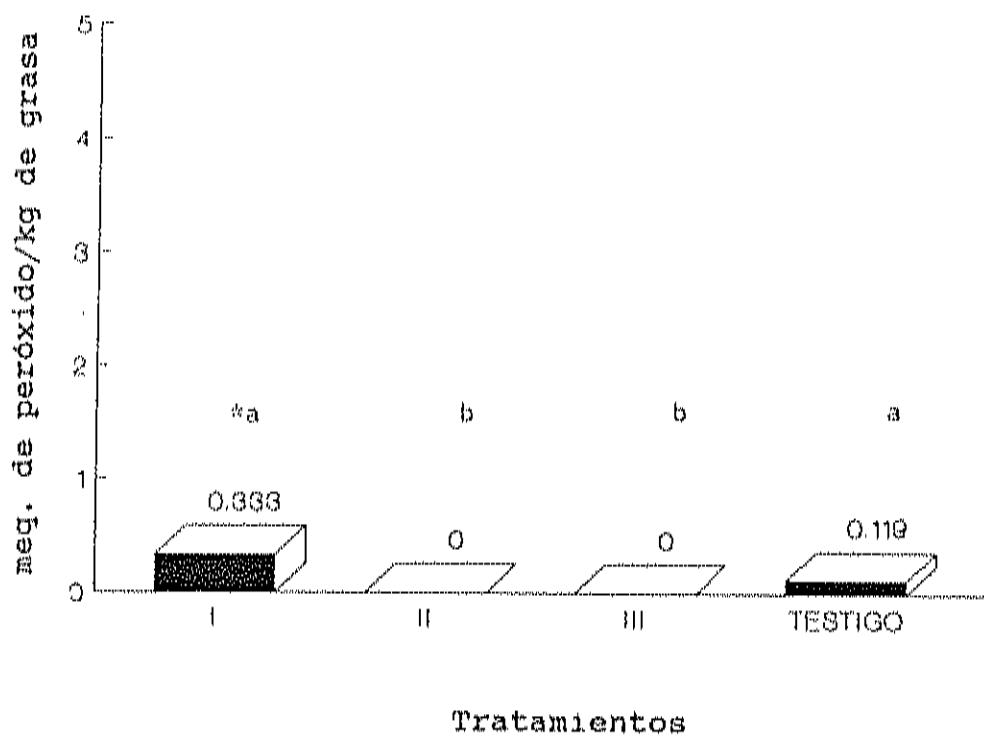


Figura 11. Valor de Peróxidos del Aceite de Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1989.

Estos resultados nuevamente afirman que el aceite de las nueces recién cosechadas tienen una óptima calidad y no presentan oxidación y concuerdan con los resultados obtenidos por Heaton en 1977.

#### Valor de Acidos Grasos Libres

En esta determinación los valores presentaron una igualdad de tratamientos en el análisis de varianza ( $p < 0.05$ ), mostrando los mismos valores de ácidos grasos libres (Figura 12). Estos resultados sugieren una óptima calidad de los aceites de la nuez pecanera al momento de la cosecha temprana o tardía y además son similares a los obtenidos por Forbus y Senter (1976), quienes encontraron valores de A.G.L. de 0.14 % en nueces de 2 variedades al inicio del almacenamiento, sin encontrar diferencias significativas hasta las 28 semanas de almacenamiento a 20 °C y 70% de HR.

#### Porcentaje de Grasa

Para la medición de esta variable, se obtuvieron valores de 70.262 a 72.023 (Figura 13), los cuales están dentro del rango reportado como porcentaje de grasa normal en nuez pecanera (Woodroof, 1979). Por lo que en este punto los tratamientos no tuvieron ningún efecto sobre este parámetro aún cuando el testigo presentó valores

Dosis utilizada 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA

I 0 días después de madurez fisiológica  
II 11 días después de madurez fisiológica  
III 14 días después de madurez fisiológica  
TESTIGO sin aplicación de la dosis  
El ANDEVA no mostró diferencias significativas  
entre tratamientos ( $p < 0.05$ ).

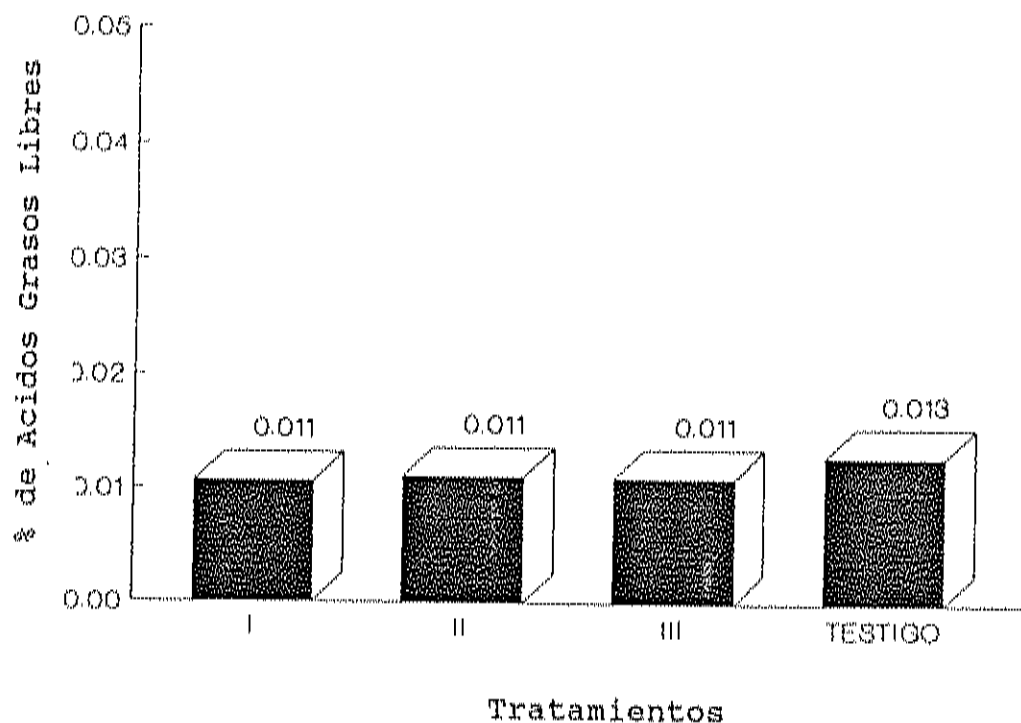


Figura 12. Valor de Acidos Grasos Libres en Aceite de Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1989.

Dosis utilizada 800 ppm Ethephon/300 ppm ANA

I 0 días después de madurez fisiológica  
II 11 días después de madurez fisiológica  
III 14 días después de madurez fisiológica  
TESTIGO sin aplicación de la dosis  
El ANDEVA no mostró diferencias significativas  
entre tratamientos ( $p < 0.05$ ).

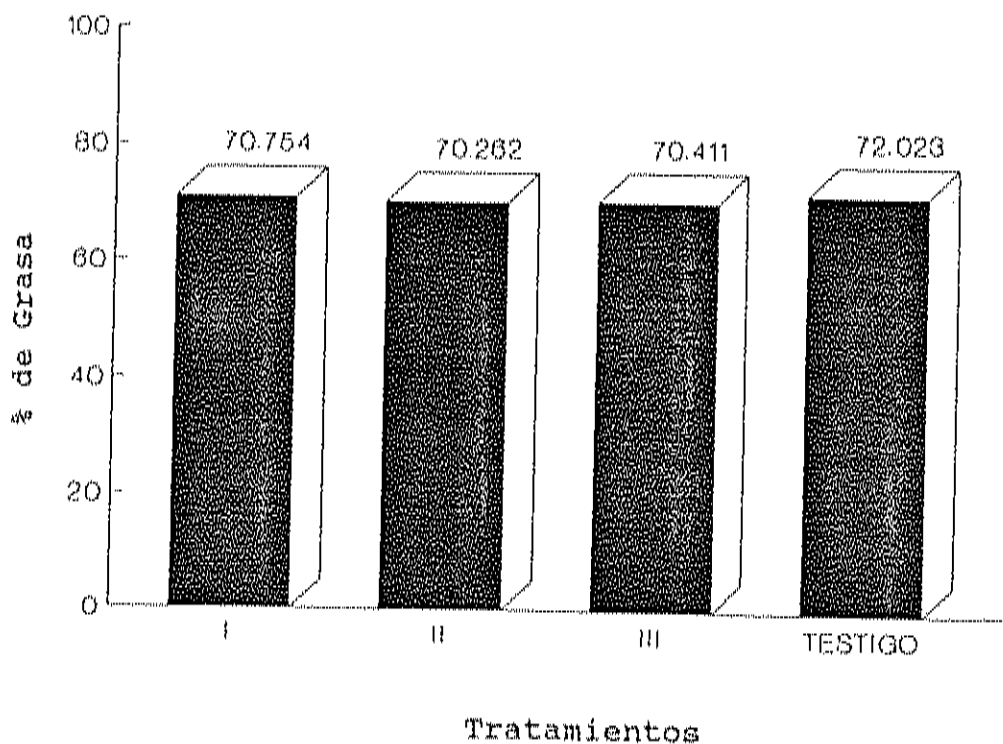


Figura 13. Porcentaje de Grasa de las Almendras Cosechadas en el Ciclo de 1989.

ligeramente mayores, sin embargo el análisis de varianza señaló que no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos ( $p < 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Con este trabajo se logró determinar que la dosis de 800 ppm de Ethephon y 300 ppm de ácido naftalenacético (ANA) en una mezcla aplicada al follaje de los árboles de nogal pecanero, induce a obtener cosechas tempranas con adelantos de 11 a 21 días cuando se realiza a los 0, 11 y 14 días después de madurez fisiológica (D.M.F.) de los frutos, y se logró la homogeneidad de cosecha (100 %) aplicando a los 11 y 14 días D.M.F.

Se indujo a porcentajes de abscisión del 10 % en el ciclo de 1988 (experimento I) y de 0 % en el ciclo de 1989 (experimento II) para una misma dosis utilizada de 800 ppm de Ethephon más 300 ppm de ANA. Esta diferencia en el comportamiento puede deberse al stress de humedad que se presentó para cada temporada. Con este porcentaje de abscisión no se observó deficiencias en la brotación y diferenciación floral en la siguiente temporada.

En la calidad de las almendras, se logró inducir a un color más claro cuando la mezcla de Ethephon y ANA se aplicó a los 0 días D.M.F. y homogenizando la cosecha en un 80 %. El porcentaje de grasa de las almendras en todos los tratamientos y el testigo no se vio alterado por la aplicación, permaneciendo los valores dentro del rango de

68 a 75% de grasa, reportado como normal para nuez pecanera.

La determinación de ácidos grasos libres, arrojó evidencias esperadas de que el aceite se encuentra en las primeras etapas de rancidez hidrolítica. Este mismo resultado se observó para el valor de peróxidos, cuyos valores fluctuaron de 0.00 a 0.012 miliequivalentes de peróxido/kg de grasa.

De acuerdo a los resultados obtenidos con la aplicación de los diferentes tratamientos utilizados, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Repetir el experimento II por un mínimo de 3 años consecutivos.
2. Probar la mezcla de 800 ppm de Ethephon más 300 ppm de ANA con otras variedades de nogal pecanero y en diferentes regiones geográficas.
3. Realizar investigación detallada sobre el efecto fisiológico de la aplicación de Ethephon/ANA en la abscisión de hojas del nogal pecanero.

## BIBLIOGRAFIA

- Abeles, F. B. 1968. Role of RNA and protein synthesis abscission. *Plant Physiol.* 43:1577-1586.
- Abeles, F. B. 1973. *Ethylene in Plant Biology*. First ed. Academic Press. New York, pp. 58-83.
- Abeles, F. B. and H. E. Gahagan III. 1968. Abscission: The role of ethylene, ethylene analogues, carbon dioxide, and oxygen. *Plant Physiol.* 43:1255-1258.
- Addicot, F. T., Lynch, R. S. and H. R. Carns. 1955. Auxin gradient theory of abscission regulation. *Science.* 121:644-45.
- Anónimo. 1982. Documentos Técnicos Para el Desarrollo Agroindustrial de Nuez Pecanera. Comisión Nacional de Fruticultura. México, D. F. pp. 307-312.
- Anónimo. 1988. Inventario Frutícola Nacional 1987. Subdirección de Planeación y Evaluación de la CONAFRUT. Comisión Nacional de Fruticultura. México, D. F. p. 84.
- A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Fourteen ed. Sidney Williams (Ed.). Published by the Association Official Analytical Chemists. Washington, D. C., E.U.A.
- Baez, S. R. 1990. Manejo Postcosecha de Nueces. En: *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas*. Yahia, E. M. e I. Higuera. (Eds.). En Prensa.
- Beaudry, R. M. and S. J. Kays. 1986. Ethylene Releasing Compounds in Agriculture. En: *"Foliar Application of Agricultural Chemicals"*. P. M. Neuman (Ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, E.U.A.
- Beyer, E. Jr. and P. W. Morgan. 1971. Abscission: The role of ethylene modification of auxin transport. *Plant Physiol.* 48:208-212.
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Fisiología Vegetal*. A.G.T. ed. S.A. México, D. F. p. 454.



- Brison, F. 1976. El Nogal. Cap. 2. En: "Cultivo del Nogal Pecanero". CONAFRUT (Ed.). México, D. F. pp. 35-54.
- Caro, P. A. 1986. Cambios en la Calidad de 5 Variedades de Nuez Encarcelada (*Carya illinoensis*) Durante el Almacenamiento. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
- Casas, A. y J. Llacér. 1989. El color de los frutos cítricos. III. Modificación del color mediante tratamientos pre-recolección. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 29(2):173-190.
- CIANO. 1984. Guía Técnica de la Costa de Hermosillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México.
- Cooke, A. R. and D. I. Randall. 1968. 2-haloethanephosphonic acid as ethylene releasing agent for the induction of flowering in pineapples. Nature. 218:974-975.
- Crocker, J. 1989. Pecan promotion research Act. The pecan grower. 1:1-3.
- Dennis, F. G., Wilezynski, M., de la Guardia, H. and R. W. Robinson. 1970. Ethylene levels in tomato fruits following treatment with ethrel. HortScience. 5:168-170.
- Edgerton, L. J., and G. D. Blanpied. 1968. Regulation of growth and fruit maturation with 2-chloroethyl phosphonic acid. Nature. 219:1064-1065.
- Egan, H., Kirk, R. S. and R. Sawyer. 1987. Análisis Químico de Alimentos. Ed. Continental, S. A. México, D. F. p. 548.
- Farmer, E. H. and R. Bolland. 1946. Peroxidation in relation to olefinic structure. Trans. Faraday Soc. 42:228-236.
- Forbus Jr., W. R. and S. D. Senter. 1976. Conditioning pecans with steam to improve shelling efficiency and storage stability. J. Food. Sci. 41:794-798.
- Garrison, S. A. 1968. Stimulation of tomato ripening by anchem (66-329). HortScience. 3:122. (abstract).

- Gaur, B. K. and A. C. Leopold. 1955. The promotion of abscission by auxin. *Plant Physiol.* 30:487-490.
- Gawadi, A. G. and G. S. Avery. 1950. Leaf abscission and the so-called abscission layer. *Am. J. Bot.* 37:172-180.
- Gray, J. I. 1978. Measurement of lipids oxidation: A review. *J. Amer. Oil. Chem. Soc.* 55(6):97-99.
- Hartman, H. T., Heslops, A. J. and S. Whisler. 1968. Chemical induction of fruit abscission in olives. *Calif. Agr.* 22:14-17.
- Hartman, H. T., Reed, W. and K. Optiz. 1976. Promotion of olive fruit abscission with 2-chloroethyl-tris(2-methoxyetoxy)-silane. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(3):278-281.
- Heaton, E. K., Shewfelt, A. L. Bendenhop, A. E. and L. R. Beuchat. 1977. Pecans: Handling, Storage, Processing and Utilization. Research Bulletin 197. Univ. of Georgia. Athens, Georgia, E.U.A. p. 79.
- Heaton, E. K. and L. R. Beuchat. 1980. Quality characteristics of high moisture pecans stored at refrigeration temperatures. *J. Food. Sci.* 45:225-258.
- Hulme, A. C. 1970. *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Vol. 1. First ed. Academic Press. New York, E.U.A. pp. 159-237.
- Ismail, M. A. 1970. Variation in the abscission response of ageing citrus fruit and leaf explants to ethylene and 2,4-D. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95(3):319-322.
- Janick, J., and J. M. Moore. 1979. *Advances in Fruit Breeding*. Purdue Research Foundation. U.S.A. pp. 420-438.
- Kabachnick, M. I. and P. A. Rossiyaskaya. 1946. *Izv. Akad. Nauk. SSSR., Ser. Kh. No.4.* p. 403. En: Ethylene in Plant Biology. Abeles, F. B. (Edit.). 1973. Academic Press. New York, E.U.A. pp. 58-83.
- Kader, A. A. 1985. Postharvest Handling Systems. Tree Nuts. En: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Kader, A. A., R. F. Kasmire, F. G. Mitchell, N. Sommer, M. Reid and J. Thompson. (Eds.) Univ. of Calif. Division of Agriculture and Natural Resources. Special Publ. 3311.

- Kader, A. A. 1985. Standardization and Inspection of Fresh Fruits and Vegetables. En: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader, A. A., R. F. Kasmire, F. G. Mitchell, N. Sommer, M. Reid and J. Thompson. (Eds.) Univ. of Calif. Division of Agriculture and Natural Resources. Special Publ. 3311.
- Kays, J. S. 1977. Influence of the nut's internal oxygen partial pressure on the induction of pigmentation in the kernels of pecans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(5):531-533.
- Kays, J. S. 1979. Pecan kernel color changes during maturation, harvest, storage and distribution. The Pecan Quart. 13(3):4-8.
- Kays, J. S. 1982. Storage of Pecan Kernels Under Wholesale and Retail Conditions. En: Controlled Atmospheres for Storage and Transport of Perishable Agricultural Commodities. D. G. Richardson, M. Meheriuk (Eds.). Timber Press. Beaverton, Oregon, E.U.A.
- Kays, J. S., and D. M. Wilson. 1977. Chronological sequence of pigment development in the kernels of pecan, (Carya illinoensis K.) cv "Stuart". Scientia Hort. 6:213-222.
- Klein, I., Lavee, S. and Y. Ben-Tal. 1979. Effect of water vapor pressure on the thermal decomposition of 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 634:474-477.
- Koepfli, J. B., Thimann K. V. and F. W. Went. 1938. Phytohormones. Structure and physiological activity. J. Biol. Chem. 122:763-780.
- Leopold, A. C. 1967. The mechanism of foliar abscission. Symp. Soc. Exptl. Biol. 21:507-16.
- Leopold, A. C., and E. P. Kriedrmann. 1975. Plant Growth and Development. Second ed. Mc Graw-Hill. New York, U.S.A.
- Lipe, J. A. and P. W. Morgan. 1970. Ethylene: involvement in shuck dehiscence in pecan fruits (Carya illinoensis Wang Koch.). HortScience. 5(4):266-267.
- Lipe, J. A. and P. W. Morgan. 1972. Ethylene: role in fruit abscission on dehiscence process. Plant Physiol. 50:759-764.

- Lipe, J. A. and P. W. Morgan. 1973. Location of ethylene synthesis in dehiscing pecan fruits. *HortScience*. 8(4):320.
- Martin, G. C. 1971. 2-Chloroethyl phosphonic acid as an aid to mechanical harvesting of English walnuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96(4):434-436.
- Martin, G., Cambell, R. and R. Carlson. 1980. Effect of calcium in offseting defoliation induced by etepphon in pecan. *J. Amer. Soc. Hort Sci.* 105(1):34-37.
- Maynard, J. A. and J. M. Swan. 1963. Organophosphorous compounds. 1,2-chloroalkyl phosphonic acid as phosphorylating agent. *Australian J. Chem.* 16:596-600.
- Montgomery, D. C. 1984. Design and Analysis of Experiments. Second ed. John Wiley & Sons Inc. Ed. Georgia Institute of Technology. E.U.A. pp. 123-160.
- Morgan. P. W. 1969. Stimulation of ethylene evolution and abscission in cotton by 2-chloroethanophosphonic acid. *Plant Physiol.* 44:1747-1748.
- Osborne, D. J. 1955. Acceleration of abscission by a factor reduced in senescent leaves. *Nature.* 176:1161-63.
- Osborne, D. J. and S. E. Moss. 1963. Effect of kinetin on senescence and abscission in explant of Phaseolus vulgaris. *Nature.* 200:1299-1301
- Porter, W. L. and K. V. Thimann. 1965. Molecular requirements for auxin action. *Phytochemistry.* 4:229-243.
- Riou, J. and R. Goren. 1979. Effect of ethylene on auxin transport and metabolism in midrib sections in relation to leaf abscission of woody plants. *Plant Cell and Env.* 2:83-89.
- Ruiz, O. M., Nieto, R. D. e I. Larios. 1967. Tratado Elemental de Botánica. Décima ed. Ed. ECLACSA. México, D. F. p. 730.
- Ryall, A. and W. T. Pentzer. 1982. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Vol. 2: Fruits and Tree Nuts. Second ed. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut, E.U.A.

- Senter, S. D. 1976. Phlobaphene and Anthocyanidin Formation in Stored Pecans (*Carya illinoensis* K.). Tesis de Doctorado. Univ. of Georgia. Athens, Georgia, E.U.A.
- Senter, S. D., Horvat, R. J. and W. R. Forbus Jr. 1980. Relation between phenolic acid content and stability of pecans in accelerated storage. J. Food. Sci. 45:1380-1390.
- Shoji, K. 1959. Auxin relation in leaf abscission. Tesis de Doctorado. Univ. of California. Los Angeles, California, E.U.A.
- St. Angelo, A. S. and R. L. Ory. 1983. Lipid degradation during seed deterioration. En: Deterioration mechanism in seeds. Phytopathology. 73(2):315-317.
- Stein, L. A., Mc Eachern, R. G. and S. J. Benton. 1989. Trunk injected ethephon as a potential harvest aid mechanism for pecans. HortScience. 21(1):73-74.
- Swern, D. 1964. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Third ed. Interscience Publishers, a division of John Wiley and Sons. New York, E.U.A.
- Thompson, T. 1981. Pecan Variety Update. Proceedings Texas Pecan Growers Association. 60:20-22.
- Thor, C. J. B. and C. L. Smith. 1935. A physiological study of seasonal changes in the composition of the pecans during fruit development. J. Agr. Res. 50:97-121.
- United States Department of Agriculture. 1969. United States Standards For Grades of Shelled Pecans. Consumer & Mktg. Serv. En: Genotype Variation in Pecan Kernel Color and Color Stability During Storage. Kays, J. S. and D. M. Wilson. (Eds.). 1978. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(1):137-141.
- United States Department of Agriculture. 1988. Agricultural Statistics. U.S. GPO. Washington, D. C., E.U.A.
- Warner, H. L. and A. C. Leopold. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethylphosphonic acid. Plant Physiol. 44:156-158.
- Westwood, M. N. 1978. Temperate Zone Pomology. First ed. W. H. Freeman and Co., Ed. San Francisco, California, E.U.A. p. 245.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. HortScience. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. HortScience. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. J. Am. Hort. Sci. 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. HortScience. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence and number of spring shoots. HortScience. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. HortScience. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. *HortScience*. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. *HortScience*. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. *J. Am. Hort. Sci.* 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. *HortScience*. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. *Tree Nuts*. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. *HortScience*. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. *HortScience*. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. *Plant Physiol.* 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. *HortScience*. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. *HortScience*. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. *J. Am. Hort. Sci.* 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. *HortScience*. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. *Tree Nuts*. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. *HortScience*. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. *HortScience*. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. *Plant Physiol.* 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 7:209-229.



- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. HortScience. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. HortScience. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. J. Am. Hort. Sci. 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. HortScience. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence and number of spring shoots. HortScience. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. HortScience. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. HortScience. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. HortScience. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. J. Am. Hort. Sci. 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. HortScience. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. HortScience. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. HortScience. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. *HortScience*. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. *HortScience*. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. *J. Am. Hort. Sci.* 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. *HortScience*. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. *Tree Nuts*. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. *HortScience*. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. *HortScience*. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. *Plant Physiol.* 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. HortScience. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. HortScience. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. J. Am. Hort. Sci. 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. HortScience. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. HortScience. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. HortScience. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. HortScience. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. HortScience. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. J. Am. Hort. Sci. 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. HortScience. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. HortScience. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. HortScience. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. *HortScience*. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. *HortScience*. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. *J. Am. Hort. Sci.* 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. *HortScience*. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. *Tree Nuts*. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. *HortScience*. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. *HortScience*. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. *Plant Physiol.* 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 7:209-229.

- Wilde, R. C. 1971. Practical applications of 2-chloroethyl phosphonic acid in agricultural production. HortScience. 6(4):12-16.
- Wood, W. B. 1981. Effect of ethrel and CGA 15281 on nut thinning and ethrel, CGA 15281, and ethrel plus calcium on shuck split of pecan. HortScience. 16:283. (abstract)
- Wood, W. B. 1985. Effect of ethephon on IAA transport, IAA conjugation, and antidotal action of NAA in relation to leaf abscission of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110(3):340-343.
- Wood, W. B. 1986. Use of ethephon and NAA for inducing early shuck dehiscence of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(4):533-537.
- Wood, W. B. 1989. Ethephon and NAA facilitate early harvesting of pecans. J. Am. Hort. Sci. 114(2):279-282.
- Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. HortScience. 25(6): front cover.
- Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Vol. II. Second ed. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, E.U.A.
- Worley, R. E. 1980. Effect of dikegulac on pecan shuck dehiscence an number of spring shoots. HortScience. 15:180.
- Vitagliano, C. 1975. Ethylene-releasing compounds to loosen olive fruits for mechanical harvesting. HortScience. 10(6):591.
- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid. Plant Physiol. 44:1203-1204.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience. 20(1):41-45.
- Zimmerman, P. W. and F. Wicoxon. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229.