

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CACAHUETE
(*Arachis hypogaea*) QUE INFLUYEN EN LA ADAPTACION DE LAS
VARIEDADES A LA RECOLECCION MECANIZADA

M. RUIZ ALTISENT, J. ORTIZ-CAÑAVATE

Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias

Serie: Tecnología Agraria

Núm. 2. — 1975

Separata núm. 2

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CACAHUETE (*Arachis hypogaea*) QUE INFLUYEN EN LA ADAPTACION DE LAS VARIETADES A LA RECOLECCION MECANIZADA

Margarita RUIZ ALTISENT
Dr. Ingeniero Agrónomo
E.T.S.I.A. Valencia y CRIDA 07(*)
J. ORTIZ-CAÑAVATE
Dr. Ingeniero Agrónomo
Estación de Mecánica Agrícola, INIA

SINTESIS

Uno de los problemas que hoy se plantean es el de aumentar la rentabilidad de los cultivos, a base de la mecanización de todas las labores, especialmente de aquellas que exigen gran cantidad de mano de obra. Este es el caso de la recolección del cacahuete: su cultivo no es rentable como no se realice de forma mecanizada, por lo que está en regresión incluso en las pequeñas superficies dedicadas a él en España. Este estudio sobre las propiedades mecánicas del cacahuete intenta avanzar en el conocimiento de la adaptación a la mecanización de las variedades que han resultado interesantes en los ensayos llevados a cabo en los últimos años.

INTRODUCCION

El cacahuete corresponde a la especie botánica *Arachis hypogaea* L., que se clasifica en dos subespecies, cada una de las cuales contiene un grupo de variedades morfológicamente distinto (KRAPOVICKAS, 1968):

—subsp. *hypogaea*: porte rastrero o erguido, sin inflorescencias en el eje principal, semillas con latencia y ciclo largo (150-180 días).

—subsp. *fastigiata*: porte erguido en todos los casos, inflorescencias en el eje principal, semillas sin latencia y ciclo corto (110-130 días).

En el primer grupo se incluyen las que aquí llamamos “americanas”, de grano grueso y siempre de dos granos/vaina. En el segundo, tipo “Español”, las variedades locales de Valencia: “Cacahua” (o “Valencia”) de 2-3 y 2-4 granos y “Corto”, “Palma”, etc., de 2 granos/vaina, y éstos de tamaño pequeño (figs. 1 y 2).

(*) Actualmente, en la E.T.S.I.A. de Madrid, Departamento de Mecanización Agraria. Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral de la autora.

La forma de floración y fructificación del cacahuete es muy especial: Las flores son aéreas y no duran más de 24 horas desde su aparición hasta su marchitamiento después de la polinización. Al cabo de una semana, si ha habido fecundación, comienza el alargamiento de la base del ovario, el cual continúa hasta la penetración del mismo en el suelo, donde se completan el crecimiento y maduración totales del fruto. Se llama ginóforo al órgano así originado, y también pedúnculo del fruto en la recolección. Esta se realiza a base de arranque de las matas y posterior separación de los frutos o trilla.

El cultivo del cacahuete, siendo muy importante en otros países (RUIZ-ALTISENT, 1972), está paradójicamente muy restringido en el nuestro, y además en regresión en su zona actual de cultivo (casi exclusivamente los regadíos de Valencia). El problema fundamental puede relacionarse con el sistema manual de recolección, hoy económicamente inviable (CORNEJO, 1962), así como con la falta de variedades más atractivas comercialmente (grano grande) y con posibilidades para su mecanización. Por ello, se ha intentado estudiar los factores que condicionan la recolección mecánica de esta planta, con la ulterior finalidad de su proposición como objetivos de mejora genética de la misma.

En el desarrollo de variedades con características más adecuadas para la mecanización se proponen como objetivos, entre otros: unión fuerte de la vaina a su pedúnculo; vainas resistentes a la rotura y frutos agrupados en la base de la planta. Estos caracteres se han estudiado en el contexto de otros trabajos durante los años 1971 a 1974 en el Departamento de Horticultura del C.R.I.D.A. 07. (Valencia) y la Cátedra de Genética de la E.T.S. de I. Agrónomos de Valencia (RUIZ-ALTISENT, 1974).

Existen muy pocos trabajos publicados en que se estudien estas propiedades. TARDIEU, 1961 estudió la mayor o menor tendencia de distintas variedades de cacahuete a dejar parte de los frutos en el suelo en el arranque, observando el efecto determinante de la humedad y del tipo del terreno, de la precocidad de las variedades y de su estado sanitario. INONE y YOSHIDA, 1970, estudiando la fuerza de desprendimiento de la vaina de su pedúnculo, dan unos niveles de fuerza en el momento de la recolección (a los 110 días) de 1,1 - 1,3 kg ; 0,8 kg y 0,7 kg , según las variedades. BAUMANN y NORDEN, 1971, utilizaron un dinamómetro de accionamiento mecánico montado sobre una palanca para medir la fuerza de rotura de diferentes líneas de cacahuete, sin poder llegar a conclusiones aprovechables, pues según los autores, la fuerza de rotura necesaria es dependiente del tamaño y la profundidad del fruto correspondiente en el suelo. TURNER et al., 1967, utilizaron un dispositivo de impacto provisto de un brazo giratorio, con una placa metálica lisa sujeta a su extremo. Los resultados fueron los siguientes: la cáscara presenta resistencia mínima en su extremo apical; si los impactos se producían a velocidades lentas, el daño aumentaba al aumentar la humedad de los frutos; a velocidades altas, sin embargo, las vainas tendían a abrirse por la sutura al disminuir su contenido de humedad.

Nuestro trabajo consistió en encontrar primeramente un instrumento para la medida de cada una de las propiedades, y después en la determinación de éstas, en las distintas variedades y en diferentes condiciones.

MATERIALES Y METODOS

El material utilizado consistió en ocho variedades, que representan bien a todos los tipos cultivados. Son las siguientes: *Argentine, Palma y Cacahua* (o *Valencia*) del tipo "Español", y *NC-2, GA 119-20, Bunch G-2, Virginia Jumbo y Moruno* del tipo "Virginia".(*) Los instrumentos de medida utilizados fueron los siguientes: Tres dinamómetros de muelle, graduados, de fuerza máxima 500, 1000 y 2000 g respectivamente, utilizándose según el siguiente procedimiento: elegidos en una planta cuatro frutos bien maduros y del mayor tamaño, sujetar el pedúnculo y tirar de la vaina (fijada ésta al dinamómetro con una pequeña pinza), anotando la fuerza máxima en el momento del desprendimiento (por el punto de unión de la vaina al pedúnculo). Un conductímetro de campo (Higropant) fué utilizado para la medida de la humedad de las semillas. Con un simple doble decímetro se realizaron las medidas de longitud de los pedúnculos, y de la anchura y profundidad del cepellón que se forma en la base de la planta (pedúnculos, frutos y tierra) al arrancarla. Para la medida de la resistencia de la cáscara de las vainas se utilizó un compresiómetro "Chatillón", modelo CTCM. Se utilizó un disco de presión de 5 cm de diámetro, a una velocidad de ascenso de 6 cm /min para la compresión de las vainas entre dos planos paralelos en dos posiciones (plano de sutura y plano perpendicular al de sutura con cabezales dinamómetros de 25 g. Otros dos aparatos utilizados, construídos especialmente fueron los siguientes (figs. 4 y 5): Para el ensayo a la resistencia dinámica (a impactos y roces repetidos) 40 vainas eran introducidas en un prisma giratorio fijado por un eje diagonal y construído de ángulo de hierro y tela metálica. La velocidad de giro utilizada fue de 47 r/min, con lo que cada media hora las vainas eran sometidas a unos 2820 impactos-roce. Para el ensayo de aptitud para la trilla se construyó una pequeña trilladora experimental, estática y accionada por un motor eléctrico de 2 CV. Dicha trilladora consta de tres cilindros de dientes flexibles, que son independizables entre sí por medio de planchas abatibles, pudiendo así trillar con uno, dos o los tres cilindros, y además recoger separadamente las seis fracciones de producto trillado. Los ensayos con la máquina consistieron básicamente en la trilla de unas veinte plantas (1,5 a 2 kg) cada vez, recogida y aventado de las mismas con un ventilador y clasificación en grupos según los daños: 1) sin ningún daño; 2) con pequeñas raspaduras o fisuras y 3) con roturas con penetración de aire al interior de la vaina. Se realizaban cuatro determinaciones en cada una de las cuatro velocidades de giro: 350, 450, 550 y 650 r/min (7,5; 9,6; 11,8 y 13,6 m/s respectivamente) para cada uno de los ensayos.

Se realizó en todos los casos análisis de varianza de los datos, con modelos según los diferentes diseños de los ensayos. En los casos de detección de diferencias significativas entre tratamientos, se realizó análisis de diferencias múltiples, basados en las tablas de Studentized Range (SNEDECOR, COCHRAN, 1968).

(*) Sus características se recogen en los cuadros 1 a 3 y figs. 1 a 3.

CUADRO 1
TAMAÑO DE LAS VAINAS DE LAS VARIEDADES ENSAYADAS
(mm : medias de 100 frutos al azar. 1971)

Variedad	Longitud		Anchura	
	Intervalo	Media	Intervalo	Media
Argentine	32 - 12	24,24 ± 0,31	15 - 11	12,07 ± 0,09
Palma	34 - 16	28,01 ± 0,52	17 - 11	14,42 ± 0,21
Cacahua	63 - 31	46,02 ± 0,82	20 - 11	14,42 ± 0,15
NC-2	50 - 19	35,25 ± 0,58	20 - 12	15,32 ± 9,15
GA. 119-20	56 - 17	37,75 ± 0,40	18 - 12	15,81 ± 0,41
Bunch G-2	45 - 17	35,09 ± 0,70	18 - 12	15,30 ± 0,15
Moruno	57 - 20	37,62 ± 0,69	27 - 12	15,69 ± 0,21
Virginia Jumbo	56 - 22	35,71 ± 0,62	30 - 12	15,58 ± 0,23

CUADRO 2
TAMAÑO DE LAS SEMILLAS DE LAS VARIEDADES ENSAYADAS
(mm : medias de 30 semillas maduras al azar. 1971)

Variedad	Longitud		Anchura	
	Intervalo	Media	Intervalo	Media
Argentine	10 - 15	12,80 ± 0,22	7 - 9	8,00 ± 0,13
Palma	13 - 20	15,96 ± 0,39	9 - 11	9,93 ± 0,10
Cacahua	12 - 18	16,13 ± 0,27	8 - 9	8,60 ± 0,12
NC-2	16 - 21	19,06 ± 0,22	8 - 10	9,26 ± 0,12
GA, 119-20	15 - 21	17,90 ± 0,28	8 - 11	8,66 ± 0,12
Bunch G-2	15 - 20	17,68 ± 0,25	8 - 10	8,75 ± 0,15
Moruno	15 - 21	18,20 ± 0,30	8 - 11	9,03 ± 0,12
Virginia Jumbo	15 - 23	18,80 ± 0,37	8 - 11	9,37 ± 0,16

CUADRO 3
PESO Y NUMERO DE SEMILLAS POR PLANTA DE LAS VARIEDADES
ENSAYADAS (g , medias de 250 plantas. 1967 y 1969)

Variedad	Peso 100 semillas	n° semillas por planta
Argentine	38,04 ± 0,89	67,11 ± 1,54
Palma	74,07 ± 1,67	69,22 ± 5,09
Cacahua	63,35 ± 1,53	50,65 ± 3,84
NC-2	83,57 ± 1,95	66,92 ± 4,87
GA, 119-20	78,37 ± 1,79	57,00 ± 4,27
Bunch G-2	77,90 ± 1,40	57,60 ± 5,12
Virginia Jumbo	81,93 ± 2,16	55,27 ± 4,47

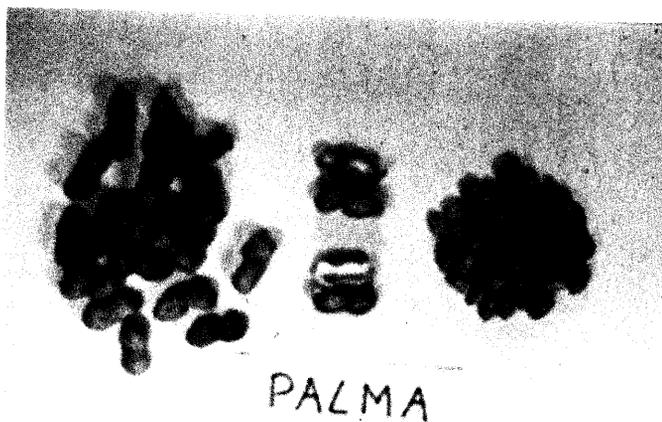


FIG. 1. Variedad Palma.



FIG. 2. Variedad Cacao. (Valencia).

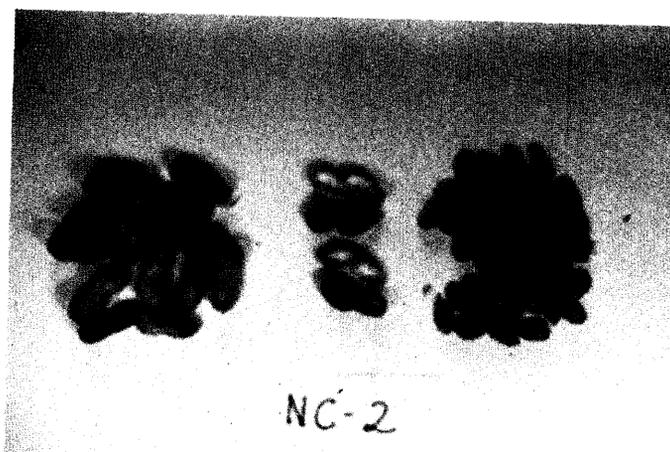


FIG. 3. Variedad NC-2.

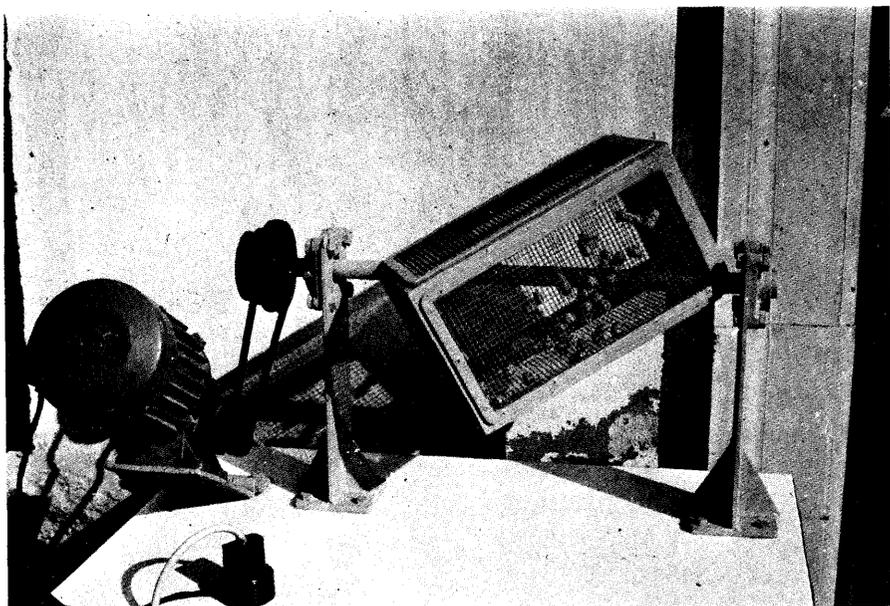


FIG. 4. Aparato giratorio para el estudio de la resistencia de las vainas a pequeños impactos y rozamiento.

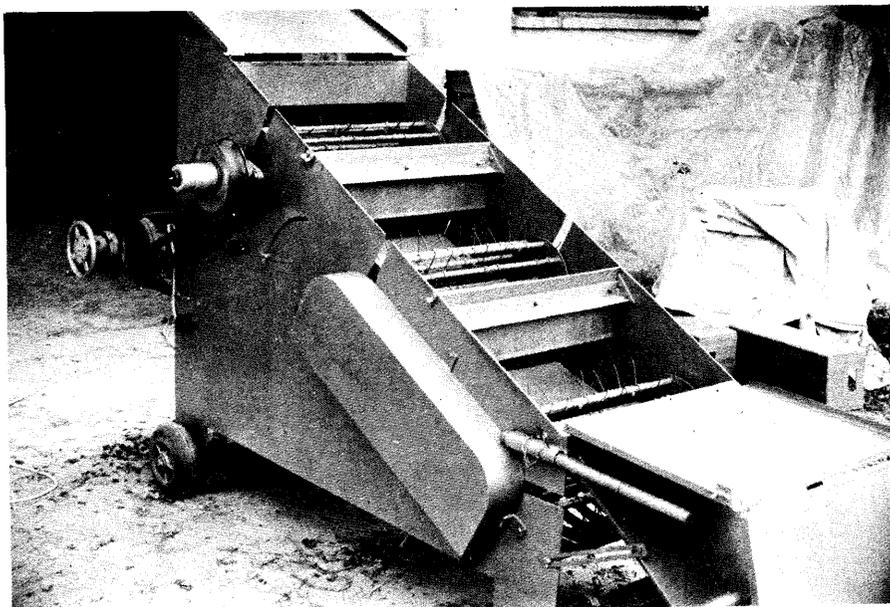


FIG. 5. Trilladora experimental.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. La fuerza de desprendimiento de los frutos (f.d.) en las distintas variedades.

Las primeras determinaciones de la f.d. se realizaron en la recolección de 1971, pudiéndose obtener los resultados del cuadro 4. Se observó una significación muy alta para el efecto de variedad. Las diferencias de f.d. de las legumbres de cada variedad en el momento de la recolección son por tanto muy importantes. Era un hecho conocido por el agricultor que ciertas variedades, especialmente las de más de dos granos, habían de ser arrancadas con azadilla, y no "a tirón", quedándose de todas formas una parte de frutos en el suelo. Esto se atribuía al mayor tamaño de la vaina, debido al cual la tierra ejerce una fuerza mayor para retenerla. Se observa sin embargo, que la variedad de este tipo ensayada (Cacahua) es la que presenta menor f.d. (348,3 g) y que este carácter es completamente independiente del tamaño de la legumbre, siendo una característica propia del material (cuadro 8).

A partir de este ensayo es obvio considerar la influencia que sobre este carácter puede ejercer la mayor o menor madurez de las plantas de cada variedad en el momento de las determinaciones. Por otro lado es necesario estudiar cómo afecta la humedad a este carácter en general, y en particular a cada variedad.

2. Variación de la fuerza de desprendimiento con la desecación y otros factores.

En la campaña de 1972 se realizó la determinación de la f.d. en dos variedades y en ocho periodos crecientes de desecación de las plantas en almacén cubierto. La representación de estos datos se recoge en la figura 6. Puede observarse que no se solapan en absoluto los valores para ambas variedades, que pueden considerarse extremas para el valor de f.d. El cuadro 5 presenta los valores de f.d. máximo y mínimo para ambas variedades. La disminución es desde luego menor en valor absoluto para la variedad Cacahua, y sin embargo idéntica en valor relativo: 47 % de la f.d. máxima (correspondiente al momento del arranque). Esto en principio significa que la f.d. de los frutos desciende hasta algo por encima del 50 % a lo largo del proceso de su desecación, tanto si dicha f.d. en el momento del arranque es característicamente alta, como si es baja.

De la misma forma se determinó la f.d. en plantas de 6 variedades, en cuatro fechas de arranque, separadas una semana, con el fin de estudiar el efecto de la madurez creciente de las plantas sobre la f.d. de sus frutos. No existe evidencia, según el análisis de varianza, de que la f.d. descienda significativamente a lo largo de las cuatro semanas en que han podido seguir madurando las plantas en el terreno. Sin embargo, realizada la representación de los datos (figura 7) puede observarse una disminución bastante clara a lo largo de los primeros 20 días, e incluso acusada en ciertas variedades, como NC-2 y GA 119-20. El cálculo de las correlaciones (cuadro 7) arroja solamente significación para la NC-2.

De aquí puede deducirse la existencia de una disminución de la f.d. de los frutos a lo largo del proceso inicial de maduración de las plantas, siendo la más acusada para

la variedad NC-2, y diferente y en menor grado, pero evidente, para las demás variedades. Se trata sin embargo de un periodo de una a cuatro semanas. A lo largo de un tiempo más corto la variación resulta, según estos datos, imperceptible.

Las mismas plantas de las seis variedades indicadas, arrancadas en cuatro fechas distintas, fueron determinadas al cabo de periodos variables de desecación, conteniendo al cabo de 20 días una humedad del 7-11 % en las semillas.

El cuadro 8 recoge los valores medios de la f.d. de las ocho variedades, en los dos años de determinación, apareciendo las variedades casi exactamente en el mismo orden, aunque con una diferencia media de 220,3 g, que se atribuyen a la mayor precisión de las medidas tomadas en el año 1972, con un nuevo dinamómetro de 2000 g para los (escasos) valores superiores a 1000 g, y al mejor estado sanitario y desarrollo de las plantas en ese año.

Las diferencias en la f.d. de plantas individuales de una misma variedad observadas en algunos análisis se comprobó que eran debidas a las diferencias en su estado sanitario, especialmente respecto a podredumbre del cuello (*Aspergillus*, *Botrytis*) y no a variabilidad detectable del carácter dentro de la variedad. De ello se deduce el efecto primordial del estado sanitario de las plantas respecto a esta podredumbre, sobre la f.d. de sus frutos. Un ataque importante es causa de una disminución también importante de la f.d., que puede ser tal, que se pierdan la mayoría de los frutos maduros en el suelo.

Para aumentar la precisión en la medida de la fuerza de desprendimiento han de tenerse en cuenta las siguientes indicaciones:

1°. Realizar las medidas lo más uniformemente posible respecto a:

- estado sanitario de las plantas.
- fecha de arranque, que puede oscilar hasta dos semanas.
- desecación, cuando la humedad de las semillas es de un 30 %, que equivale a dos días de secado al aire a 20-25°.
- momento de la determinación (en el campo): a media mañana o a media tarde, evitando un material quebradizo (por sol fuerte) o muy húmedo (por rocío).

2°. Determinar la f.d. al menos en 20 ó 30 plantas por genotipo o población, que equivalen a 80 a 120 determinaciones, con lo que pueden llegarse a establecer diferencias entre líneas de hasta 65 g (5 %) y 85 g (1 %).

3. *Dispersión de los frutos en el suelo: longitud de los pedúnculos.*

Para la recolección mecánica es importante que los frutos estén lo más agrupados posible en la base de la planta. Este carácter está en principio ligado al hábito de crecimiento: las variedades de tipo erecto forman los frutos más agrupados (en sentido horizontal), y las semierectas o rastreras los forman más dispersos.

Las primeras determinaciones del carácter (en 1971) consistieron en medir, inmediatamente después del arranque de la planta, la anchura y la altura del cepellón formado por la trama de los frutos y sus pedúnculos. Los resultados del análisis de varianza de estos datos indican una cierta significación entre las variedades, que quedan divididas en los dos grupos correspondientes a variedades erectas (tipo Español: *Palma*, *Argentine* y *Cacahua*) y variedades semi-erectas y rastreras (cuadro 9).

La anchura de la masa de frutos vendrá determinada claramente por el método de cultivo (distancia entre líneas, labores) pero en principio las plantas resultarán dañadas, y mermada su producción, si se obliga a reducir esta anchura. Medidas de esta anchura fueron repetidas en la campaña siguiente (1972), y no apareció diferencia significativa ninguna entre las variedades; las anchuras resultaron menores en general (la producción en este año fue muy baja), pero la distribución entre los grupos quedó inalterada.

Se deduce que las variedades de tipo Español forman los frutos más agrupados que las de tipo Virginia (erectas vs. tendidas), por lo que son más adecuadas para el arranque mecánico respecto a este carácter. El carácter erecto de la planta influye también en su parte aérea en la facilidad del arranque.

Se realizó también la medida de la profundidad o altura de la masa de los frutos ("cepellón") por el mismo procedimiento simple: medida con una regla de la longitud entre el cuello de la planta y el fruto o frutos más profundos. La profundidad menor corresponde también a las variedades de tipo Español (cuadro 10). El orden se altera en los datos correspondientes a la campaña del 72, en que no aparece diferencia significativa entre las variedades respecto a este carácter.

Con el objeto de caracterizar más específicamente la propiedad de la dispersión de los frutos en el suelo, el paso siguiente fue la medida de la longitud de los pedúnculos de los mismos, habiéndose observado una relación entre esta longitud y el tamaño del cepellón, y constituyendo la primera una característica más determinada en su medida. En la campaña de 1973 se recogieron de cada una de las ocho variedades y al azar 50 pedúnculos de frutos maduros, midiéndose su longitud en cm. Los valores medios para cada variedad se resumen en el cuadro 11. No habiendo una separación total entre los dos grupos de variedades, sí existe una relación clara respecto a las medidas de anchura y profundidad detalladas anteriormente. Por otro lado, el análisis de varianza arroja una significación al nivel del 1 % para el efecto de variedad.

Para determinar hasta qué punto se relacionan las medias por variedades de ambas características, se calculan a continuación las correlaciones correspondientes (aunque ocho pares de datos son realmente muy escasos para derivar de ellos una conclusión decisiva). En el cuadro 12 se recogen los resultados. La correlación entre la anchura media del cepellón de cada variedad y la longitud media de los pedúnculos de sus frutos (procedente cada dato de muestras distintas) resulta ser altamente significativa. Puede por tanto deducirse que la dispersión de los frutos en el terreno depende, al menos en cierto grado, de la longitud de sus pedúnculos, carácter relacionado, pero no totalmente ligado, al hábito de crecimiento de cada variedad.

4. Resistencia de la cáscara a la rotura por aplastamiento.

En la manipulación mecánica del cacahuete, la mayor parte de los daños se producen en la trilla y en el transporte por medio de tornillos sin fin u otros mecanismos. El daño se produce al someter el producto a una deformación excesiva por

obligarlo a pasar por espacios de tamaño fijo, o a fuerzas excesivas por impacto. Para el cacahuete, la resistencia de la cáscara es esencial, pues su rotura implica un peligro inmediato de enranciamiento y podredumbre.

Los primeros ensayos de resistencia, utilizando un dinamómetro de 12 kg en el compresiómetro descrito, indicaron diferencias importantes entre las variedades, así como un efecto esencial de la posición del fruto al serle aplicada la fuerza: la resistencia es diferente si se aplica la fuerza en un plano perpendicular al de la sutura, que si se aplica en un plano paralelo a ésta (cuadro 13). En ambos casos la magnitud medida corresponde a la aplicación de una presión o fuerza estática, la cual expresa un tipo de resistencia diferente que si la aplicación de la fuerza se realiza en una fracción de tiempo muy pequeña (impacto).

En la figura 8 se recogen los resultados del análisis de los datos de resistencia determinados en muestras de cuatro variedades, procedentes de tres localidades diferentes. Habiéndose observado la diferencia entre las variables correspondientes a ambas posiciones, los análisis se realizaron siempre separadamente para cada una de ellas: existen variedades que presentan gran resistencia en posición plana y muy pequeña en la de sutura (ej.: *Palma*) y otras que presentan casi la misma resistencia en ambas posiciones (ej.: *Cacahua*). La variedad *Argentine* presenta una cáscara fina y poco resistente, pero al estar muy pegada al grano, en muchos casos es imposible la determinación. Por ello queda excluída en varios ensayos.

Aparece una significación alta para los efectos de localidad y variedad. Para todas las variedades, la localidad Cerdá (de suelo más fuerte, temperaturas más bajas y producciones menores) ejerce un efecto de disminución de la resistencia. En la posición de sutura la variedad *Argentine* se abre por la sutura con gran facilidad.

Los ensayos más completos de la campaña siguiente incluyen el factor de la humedad de los frutos. Las determinaciones se realizaron en dos fechas, variando la humedad desde un 35-40 % en la primera fecha, hasta un 10 % (humedad de almacenamiento) en la segunda.

En la posición plana, las diferencias entre variedades son muy importantes (cuadro 14), no apareciendo sin embargo significativo el efecto de la humedad. En algunas variedades la resistencia asciende ligeramente con la desecación, observándose el mayor aumento de la resistencia para el paso de la humedad alta a la intermedia (de 35 a 20 %). En la rotura por aplastamiento en la posición plana hay que tener en cuenta que intervienen, además de la resistencia propia de la cáscara, la de la sutura, la posición de las semillas en el interior (que estén más o menos pegadas a la vaina) e incluso la forma de ésta. De ahí la variabilidad de esta medida.

En la posición de sutura, la vaina, al serle aplicada la fuerza en un plano perpendicular, se abre por la misma (es la forma normal de "cascar" el cacahuete a mano, pues la resistencia es menor). Aumenta de forma importante la resistencia con la desecación en dos de las variedades (*Palma* y *Bunch G-2*) y en las demás en menor grado. El efecto de aumento de la resistencia es también mayor en esta posición para la primera parte de la desecación. El orden de las resistencias es menor en esta posición (2,3 kg de diferencia media). Las variedades *GA. 119-20* y *Cacahua* son las

que presentan una resistencia a la compresión más alta. Las demás variedades (excluida *Argentine*) presentan una resistencia más bien pequeña para la humedad alta, pero asciende de forma importante con la desecación.

Estos resultados están en concordancia con los obtenidos por TURNER et al., 1967 al estudiar los daños producidos por impacto sobre la vaina del cacahuete: las muestras con valores intermedios de humedad presentaban la mayor resistencia (siendo sin embargo la magnitud de las mismas menor, por ser de impacto).

5. Resistencia a impactos repetidos y rozamiento.

Este ensayo se realizó con la finalidad de observar diferencialmente en cada variedad los puntos más débiles de su cáscara, y por tanto su resistencia a las manipulaciones. Los resultados obtenidos son muy concordantes con los derivados de los ensayos de aplastamiento.

La humedad de los frutos era la de almacenamiento (10 %), realizando la clasificación visual de los daños definida al pie del cuadro 16. Los diagramas acumulativos de la figura 9 muestran la distinta importancia de cada tipo de daño, según la magnitud relativa de la superficie correspondiente. La definida como "enteros" muestra la resistencia específica de la variedad. La variedad más resistente resulta ser la *GA 119-20*. La menos resistente es la *Cacahua*, en la que aparecen frutos "rotos" a la primera media hora de tratamiento. Su debilidad reside en la gran esponjosidad y falta de resistencia de los tejidos que forman la cáscara, aunque ésta es gruesa, especialmente en el extremo distal de la vaina; ni una sola vaina de esta variedad se abre por la sutura. Las variedades *Argentine* y *Palma* presentan un porcentaje desmesurado de frutos abiertos por la sutura, lo que corrobora los resultados de los ensayos estáticos. En la variedad *Argentine*, sin embargo, la cáscara presenta una gran resistencia al rozamiento; *NC-2* y *Cacahua* la mínima. La variedad *Moruno* presenta gran debilidad en el tejido externo de la cáscara.

6. Separación mecánica de los frutos o trilla.

La finalidad de los ensayos de trilla o separación mecánica de los frutos del cacahuete fue el estudio de la correspondencia entre las propiedades físicas características de los materiales y su comportamiento en los procesos mecánicos en la práctica. (RUIZ ALTISENT y ORTIZ-CAÑAVATE, 1974).

El primer grupo de ensayos se realizó con cuatro variedades con una humedad del grano del 30 %, que es la considerada como la más adecuada, lo que confirman los resultados (figura 10). Una velocidad periférica muy baja (7,5 m/s) y la humedad indicada producen unas pérdidas por daños mínimas. Teniendo en cuenta que las pérdidas en la paja por una posible deficiencia en la separación de los frutos en los cilindros, debida a la baja velocidad de giro, son inexistentes, éstas son las condiciones más favorables para la trilla del cacahuete. El problema del bajo rendimiento que se obtendría si una cosechadora tuviera que trabajar demasiado lentamente, hace que se estudie la velocidad periférica máxima a la que puede llegarse sin exageradas pérdidas, y para cada variedad. En el caso de variedades de fruto pequeño y

An. INIA/Ser.: Tecnol. agr./N. 2. 1975.

resistente puede llegarse hasta los 12 m/s sin grandes pérdidas; no así en las de vaina de 3-4 granos, cuyas pérdidas son máximas en todas las condiciones y por lo tanto, estas variedades son inadecuadas para la recolección mecánica.

Los resultados del segundo grupo de ensayos, en condiciones a) de humedad muy baja; b) de humedad muy alta, se recogen en las figuras 11 y 12. En los análisis, el efecto de la humedad resulta fundamental en todos los casos, confundién-dose en parte con el de repetición. El efecto de variedad aparece significativo única-mente en la velocidad periférica máxima. Siendo los valores de la humedad ambos extremos, y ya se observa que poco favorables, en general los daños se elevan más para la humedad más alta. Es decir: en condiciones análogas el cacahuete más seco sufre menos daños en la trilla.

En ensayos de resistencia estática y dinámica de ciertos materiales agrícolas (especialmente semillas de cereales, algodón y soja, así como cacahuete en vaina) se ha observado que la resistencia a la rotura por impactos a gran velocidad es menor en materiales muy secos, mientras que si se aplican fuerzas a bajas velocidades la re-sistencia aumenta de forma continua con la desecación (MOHSEIN, 1970). Por ello, el efecto negativo de la humedad alta observado en estos ensayos, junto con el hecho de que la variedad *Argentine*, que tiene una gran debilidad en la sutura, pre-sente pérdidas mínimas, siendo su tamaño el menor de todas las variedades ensaya-das, lleva a la conclusión de que los daños en el proceso de trilla se producen más debido al aplastamiento de las vainas al ser obligadas a pasar por aberturas demasia-do estrechas, que a impactos debidos a su proyección contra las diversas superficies del interior de la máquina. Esto lleva a la necesidad de un ajuste correcto de todos los elementos de la máquina respecto a las características de la variedad de que se trate, que impidan al máximo el efecto de aplastamiento de las vainas. En este senti-do, las determinaciones de resistencia a fuerzas estáticas de compresión son adecua-das para predecir la resistencia de una variedad a los daños en la trilla.

CUADRO 4

ANALISIS DE VARIANZA DE LA FUERZA DE DESPRENDIMIENTO DE LAS
VAINAS DE SU PEDUNCULO ($\frac{g}{10}$, 1971)

F. de v.	g.l.	C. M.	F
Repeticiones	1	3.132,90	3,53
Bloques	8	885,72	6,55 *
Variedades	7	4.164,21	12,73 **
R x V	56	382,09	0,85
B (R) x V	56	382,09	2,83 **
Error	80	135,16	
Total	159		

(*): Significativo al nivel del 5 %

(**): Significativo al nivel del 1 %

CUADRO 5
VALORES DE FUERZA DE DESPRENDIMIENTO MAXIMO Y MINIMO PARA
DOS VARIEDADES (medias de 20 determinaciones, g 1972)

<u>Variedad</u>	<u>máximo</u>	<u>mínimo</u>	<u>diferencia</u>	<u>% resp. máx.</u>
Argentine	1.190	625	865	47
Cacahua	585	308	277	47

CUADRO 6
COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE FUERZA DE DESPRENDIMIENTO
Y HUMEDAD

<u>Variedad</u>	<u>Valores medios para cada fecha de determinación</u>	<u>Valores de plantas individuales</u>
Argentine	0,799*	0,721**
Cacahua	0,854*	0,639**

(*): Significativo al nivel del 5 %

(**): Significativo al nivel del 1 %

CUADRO 7
CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE DESPRENDIMIENTO DE LAS
VAINAS Y LA FECHA DE ARRANQUE DE LAS PLANTAS, PARA CADA
VARIEDAD

<u>Variedad</u>	<u>r</u>	<u>b_x</u>	<u>b_y</u>	<u>μ_y (g)</u>
NC-2	- 0,988*	12,59	0,077	772
GA-119-20	- 0,911	-	-	592
Bunch G-2	- 0,942	-	-	812
Virginia Jumbo	- 0,768	-	-	728
Palma	- 0,613	-	-	787
Moruno	- 0,397	-	-	671

(*): Significativa al nivel del 5 %

CUADRO 8
VALORES MEDIOS DE F.D. EN LOS DOS AÑOS DE DETERMINACION PARA
LAS OCHO VARIEDADES ENSAYADAS

1971		1972	
Medias de 20 determinaciones		Medias de 80 determinaciones	
Variedad	f.d.(g)	Variedad	f.d.(g)
Argentine	789	Argentine	1.087
NC-2	615	Bunch G-2	813
Bunch G-2	591	NC-2	772
Palma	565	Palma	787
Virginia Jumbo	532	Virginia Jumbo	728
Moruno	473	Moruno	671
GA-119-20	360	GA-119-20	592
Cacahua	348	Cacahua	585

Error típico: 25,9 *Error típico: 29,8*

CUADRO 9
VALORES MEDIOS DE LA ANCHURA DEL CEPELLON DE LAS PLANTAS EN
EL ARRANQUE, EN DOS AÑOS (cm.)

1971		1972	
Moruno	17,4	Virginia Jumbo	14,10
Bunch G-2	17,3	NC-2	13,95
NC-2	17,1	Bunch G-2	13,40
Virginia Jumbo	16,8	GA 119-20	13,15
GA 119-20	16,8	Moruno	14,05
Palma	15,9	Palma	12,05
Argentine	15,3	Cacahua	11,10
Cacahua	15,8	Argentine	9,35

Error típico: 0,54 *Error típico: 1,28*

CUADRO 10
VALORES MEDIOS DE LA PROFUNDIDAD DEL CEPELLON DE LAS PLAN-
TAS EN EL ARRANQUE, EN DOS AÑOS (cm).

1971		1972	
Moruno	15,10	Palma	12,30
NC-2	14,35	Virginia Jumbo	11,80
GA-119-20	14,20	Moruno	11,75
Bunch G-2	13,15	NC-2	11,15
Virginia Jumbo	13,00	GA-119-20	11,05
Palma	12,70	Cacahua	10,95
Cacahua	12,55	Bunch G-2	10,85
Argentine	11,00	Argentine	10,15

Error típico: 0,44

CUADRO 11
LONGITUD DE LOS PEDUNCULOS DE LOS FRUTOS. VALORES MEDIOS DE
50 DETERMINACIONES, PARA CADA VARIEDAD

Variedad	Longitud media (cm)
Argentine	4,15 ± 0,19
Cacahua	6,35 ± 0,26
GA-119-20	6,46 ± 0,23
Palma	7,09 ± 0,23
NC-2	7,12 ± 0,23
Moruno	7,64 ± 0,31
Virginia Jumbo	7,79 ± 0,30
Bunch G-2	8,70 ± 0,30

CUADRO 12

CORRELACION DE LA LONGITUD DE LOS PEDUNCULOS CON LA ANCHURA Y LA PROFUNDIDAD DEL CEPELLON DE LAS PLANTAS, EN LAS VARIETADES.

a) *Anchura* media del cepellón (20 determinaciones) en dos años, y longitud media de los pedúnculos (50 determinaciones, 1973).

	Cacahua	Argentine	Palma	GA-119-20	Virginia J.	NC-2	Bunch G-2	Moruno
1971	15,0	15,3	15,9	16,8	16,8	17,1	17,3	17,4
1972	11,1	9,4	12,0	13,1	14,1	13,9	13,4	13,0
Long. ped.	6,35	4,15	7,09	6,46	7,79	7,12	8,72	7,64

Correlación 1971: $r = 0,729^*$

1972: $r = 0,843^{**}$

b) *Profundidad* media del cepellón (20 determinaciones) en dos años, y longitud media de los pedúnculos (50 determinaciones, 1973).

	Argentine	Cacahua	Palma	Virginia J.	Bunch G-2	GA-119-20	NC-2	Moruno
1971	11,0	12,5	12,7	13,0	13,2	14,2	14,4	15,1
1972	10,2	10,9	12,3	11,8	10,9	11,1	11,2	11,8
Long. ped.	4,15	6,35	7,09	7,79	8,72	6,46	7,12	7,64

Correlación 1971: $r = 0,605$

1972: $r = 0,57$

(*): Significativa al nivel del 1 %

(**): Significativa al nivel del 1 %

CUADRO 13

VALORES MEDIOS DE LA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO ENTRE DOS PLANOS PARALELOS DE SIETE VARIETADES, EN DOS POSICIONES. DETERMINADOS EN 1972, A HUMEDAD ELEVADA. (KG).

Varieta	Resistencia en posición plana	Resistencia en posición sutura	Diferencia
Bunch G-2	6,35	3,67	2,68
Cacahua	6,59	4,91	1,68
NC-2	6,74	5,13	1,61
GA-119-20	7,73	4,82	2,91
Palma	7,57	5,31	2,26
Virginia Jumbo	7,70	5,57	2,13
Moruno	8,31	5,07	3,24
<i>Error típico:</i> 1,07			
Total	7,28	4,93	2,35

CUADRO 14
VALORES MEDIOS DE LA RESISTENCIA DE LAS VAINAS AL APLASTA-
MIENTO ENTRE DOS PLANOS PARALELOS, EN POSICION PLANA (PLANO
PARALELO AL DE SUTURA) (KG).

Variedad	Humedad alta	Humedad baja	Total
Argentine	5,52	4,96	5,25
Bunch G-2	7,96	7,53	7,75
NC-2	7,60	8,44	8,02
Virginia Jumbo	8,17	8,65	8,41
Moruno	8,65	8,61	8,62
Cacahua	8,47	9,96	9,22
Palma	8,30	10,18	9,24
GA-119-20	11,04	10,02	10,53
<i>Error típico: 0,46</i>			
Total	8,21	8,54	8,38

CUADRO 15
VALORES MEDIOS DE LA RESISTENCIA DE LAS VAINAS AL APLASTA-
MIENTO EN POSICION DE SUTURA (SEGUN UN PLANO PERPENDICULAR
AL DE LA MISMA) (KG).

Variedad	Humedad alta	Humedad baja
Palma	4,08	7,62
Bunch G-2	4,37	6,21
Argentine	4,42	4,51
NC-2	5,08	6,17
Virginia Jumbo	5,12	6,53
Moruno	6,52	6,35
Cacahua	7,01	7,67
GA-119-20	7,32	8,01
<i>Error típico: 0,34</i> Totales	5,49	6,63

CUADRO 16

RESISTENCIA DE LA CASCARA DE LAS VAINAS A IMPACTOS REPETIDOS Y ROZAMIENTO. PORCENTAJE DE SUPERFICIE CORRESPONDIENTE A CADA TIPO DE DAÑO

Variedad	Frutos enteros	dañados	abiertos	rotos	con semillas sueltas	Total
Argentine	25	5	61,5	7,5	1	100
Palma	20	1	59	20	1	100
Cacahua	16	2,5	9	46	26,5	100
1)	22	10	26	42	0	100
NC-2	22,5	9	29	39	0,5	100
2)						
GA-119-20	33	24	27	16	0	100
Bunch G-2	24	11	32	33	0	100
Moruno	24	40	11	25	0	100
Virginia Jumbo	19	26	14	41	0	100

enteros: sin ningún daño, como máximo pequeñas raspaduras.

dañados: raspaduras y oquedades importantes, sin comunicación con el interior de la vaina.

abiertos: apertura de la sutura, que siempre comienza por el extremo apical.

rotos: se producen roturas del tipo de grietas o redondeadas, comenzando también por el extremo apical.

con semillas sueltas: cáscaras sueltas, o vainas con roturas del tamaño suficiente para que se liberen las semillas.

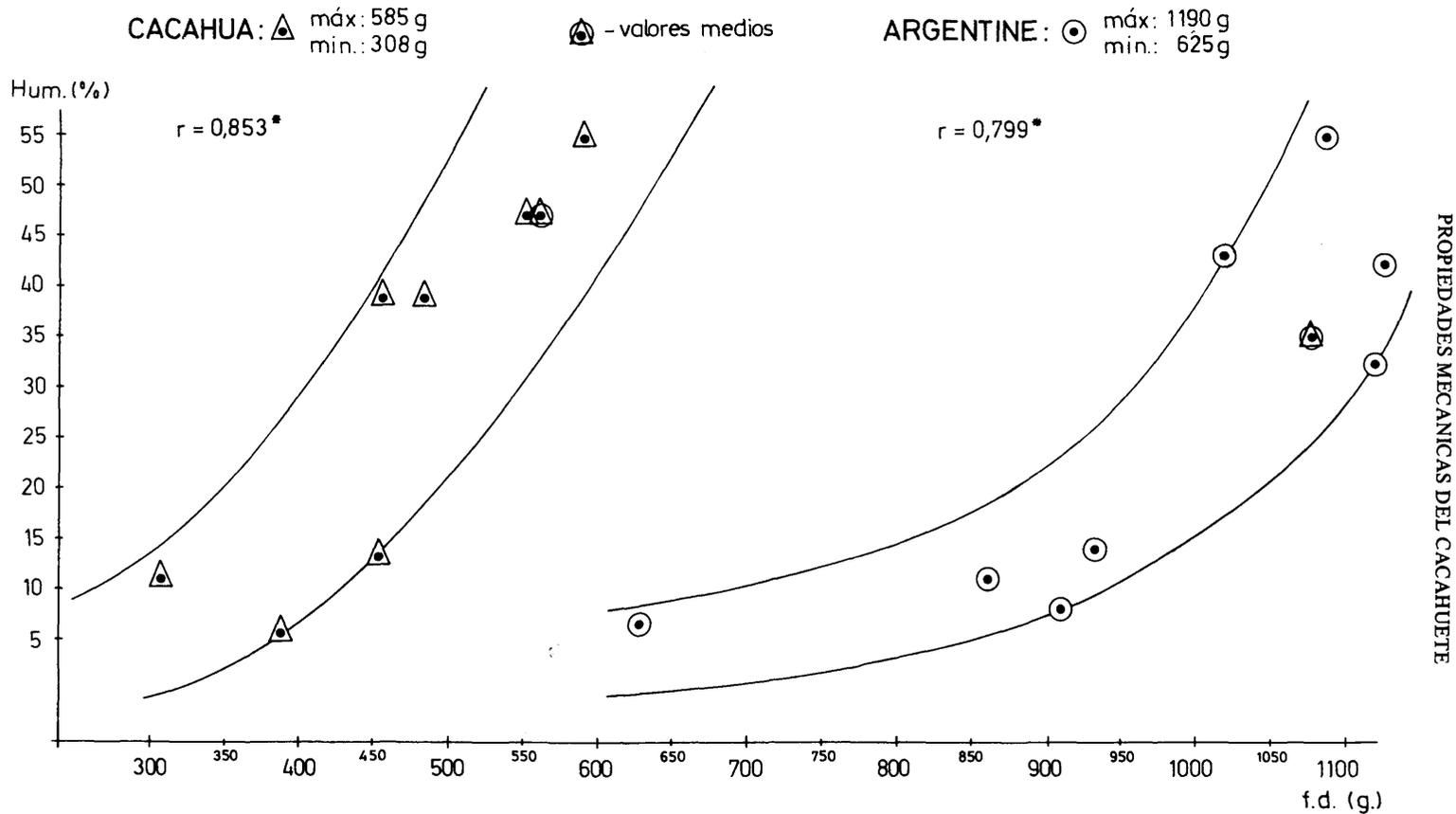
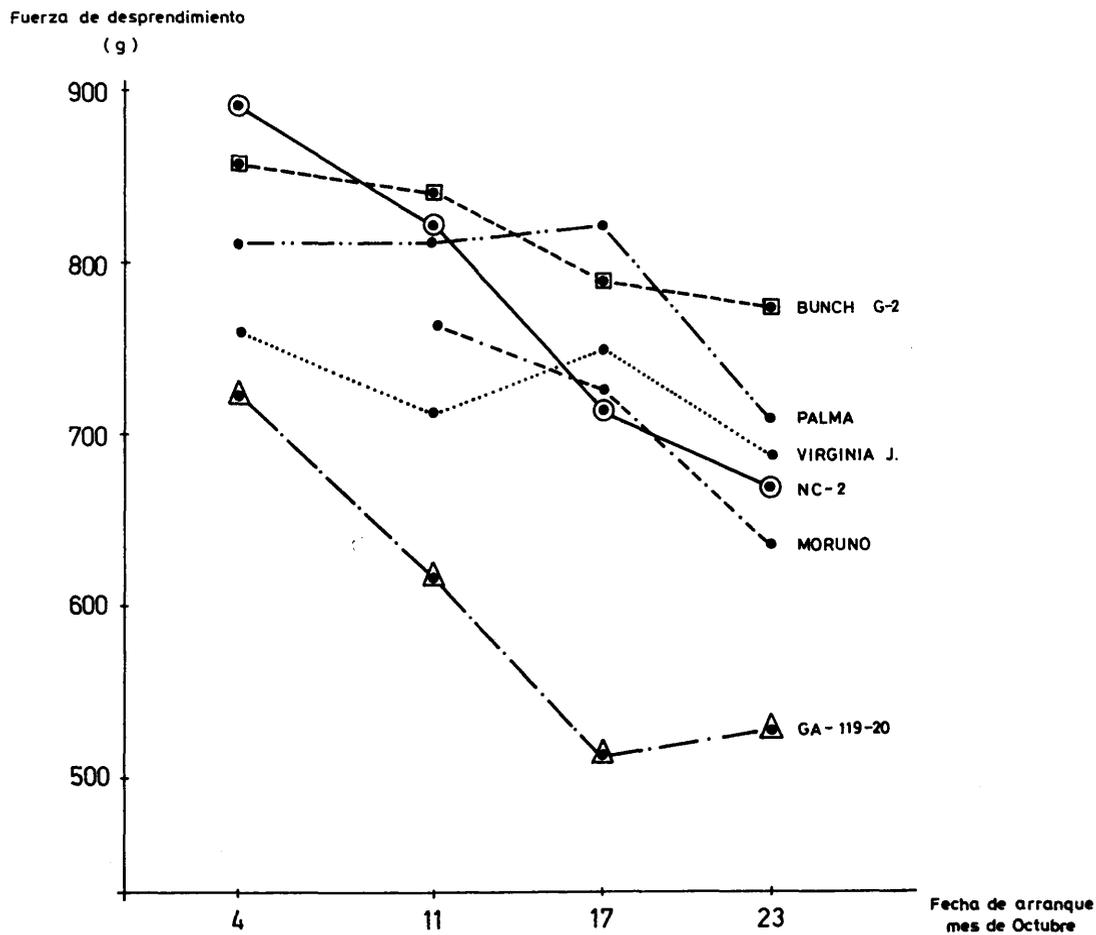


FIG. 6. Variación de la fuerza de desprendimiento de los frutos con la desecación, para dos variedades (valores medios de 20 determinaciones).



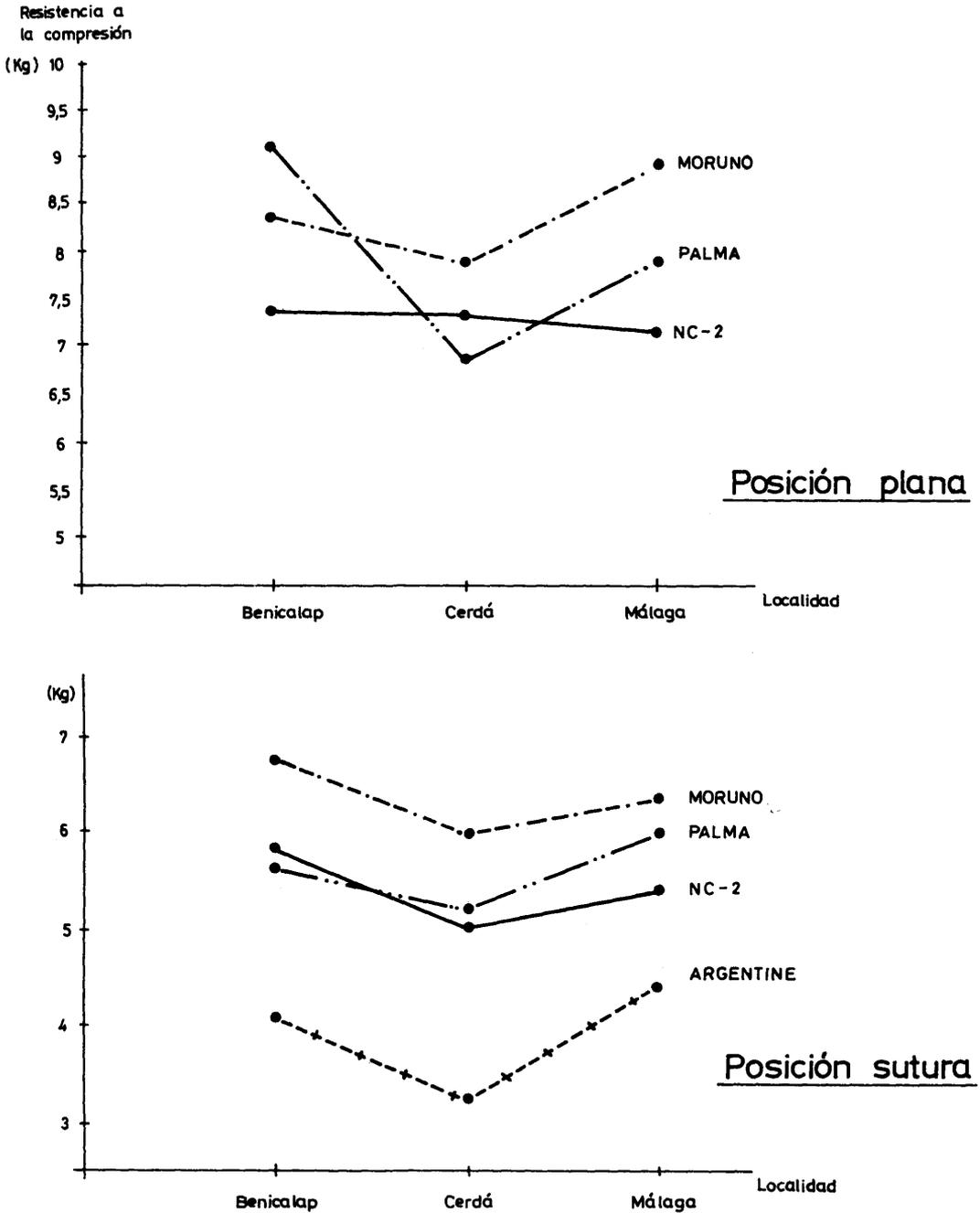
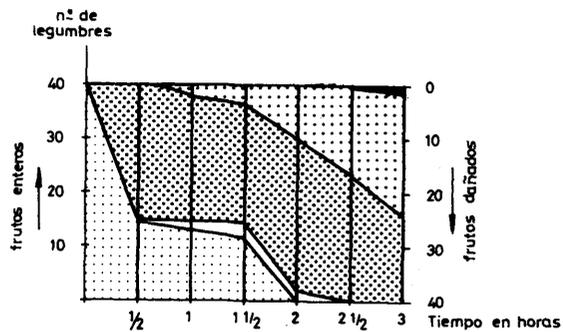
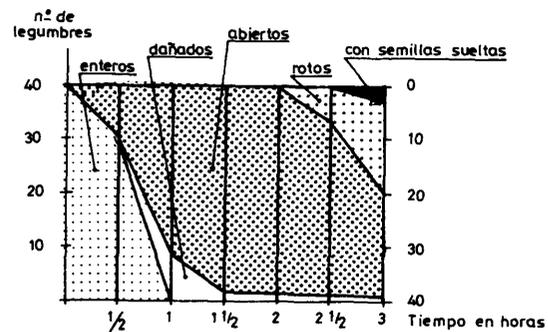


FIG. 8. Resistencia de la cáscara a la compresión entre dos planos paralelos, para cuatro variedades en tres localidades de cultivo, y para ambas posiciones.

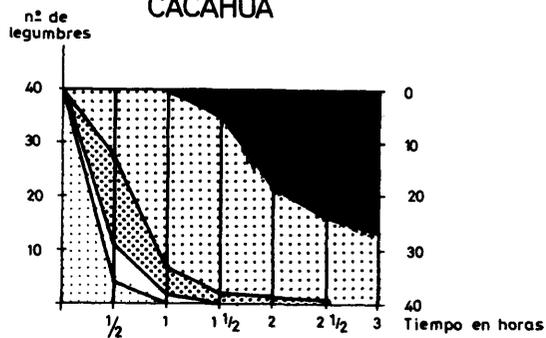
PALMA



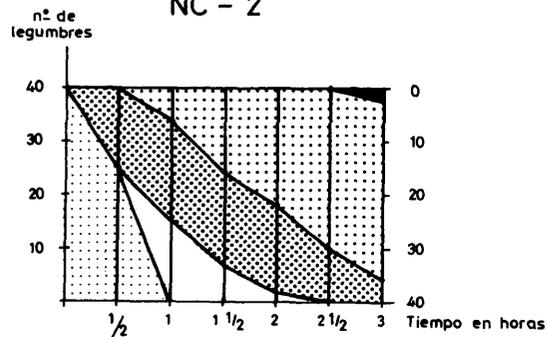
ARGENTINE



CACAHUA



NC - 2



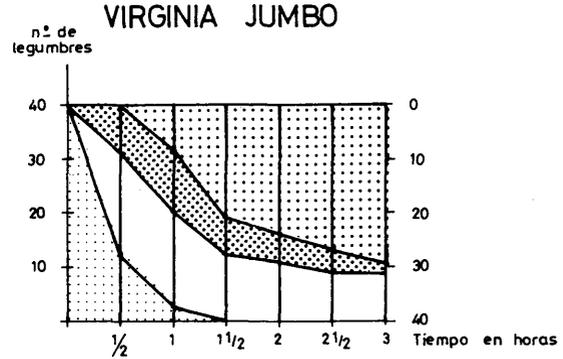
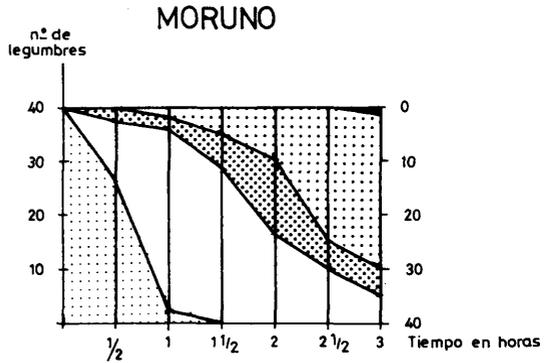
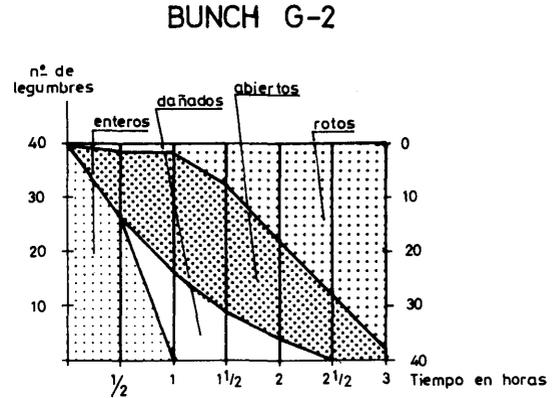
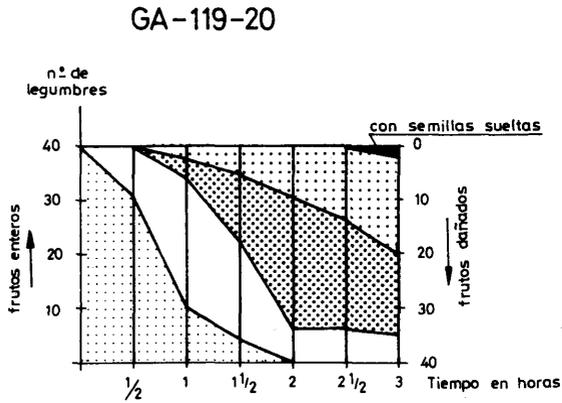


FIG. 9. Representación de los daños producidos sobre los frutos de ocho variedades de cacahuate por pequeños impactos y rozamiento.

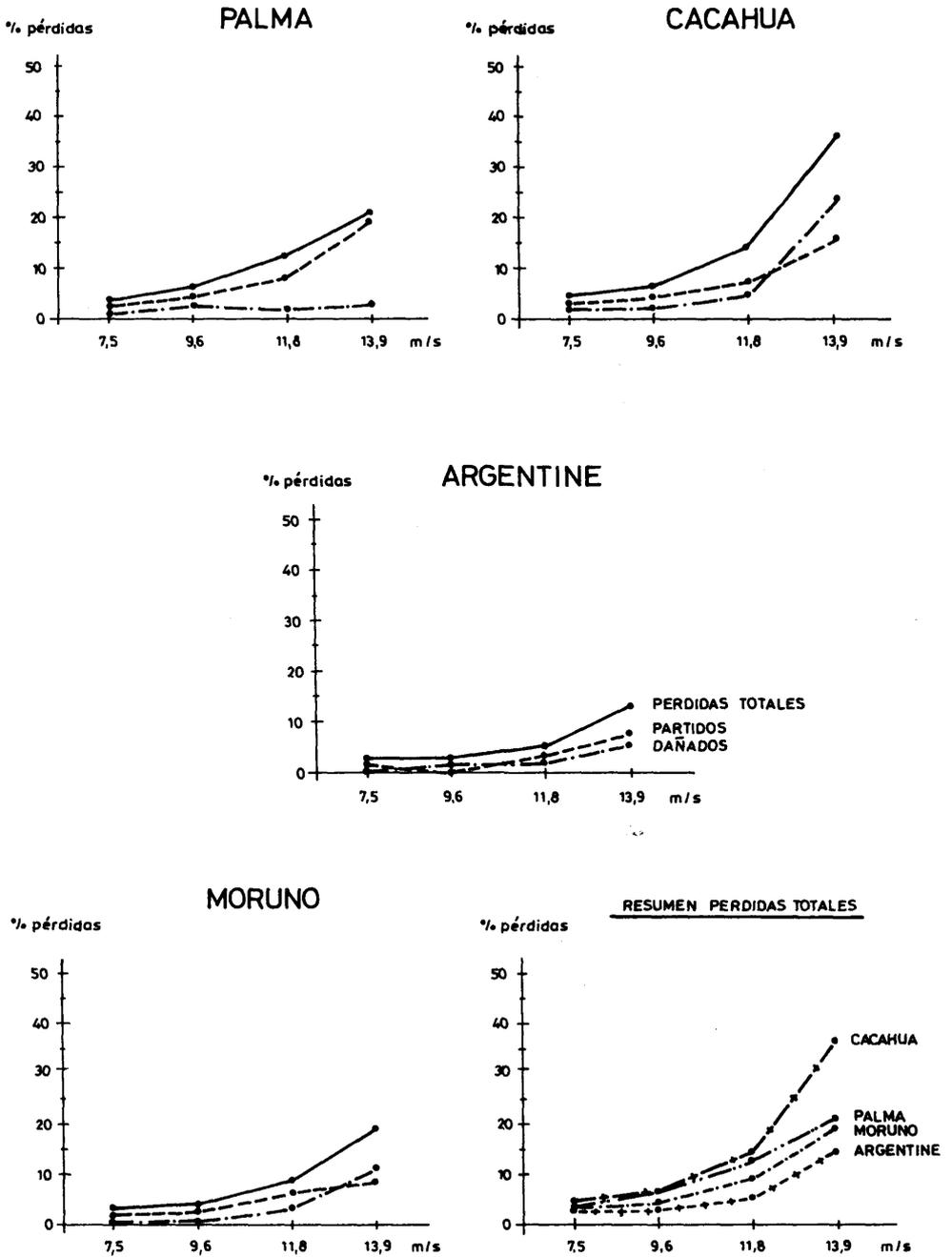


FIG. 10. Pérdidas en función de la velocidad periférica de los cilindros trilladores. Cuatro variedades a humedad 30 %.

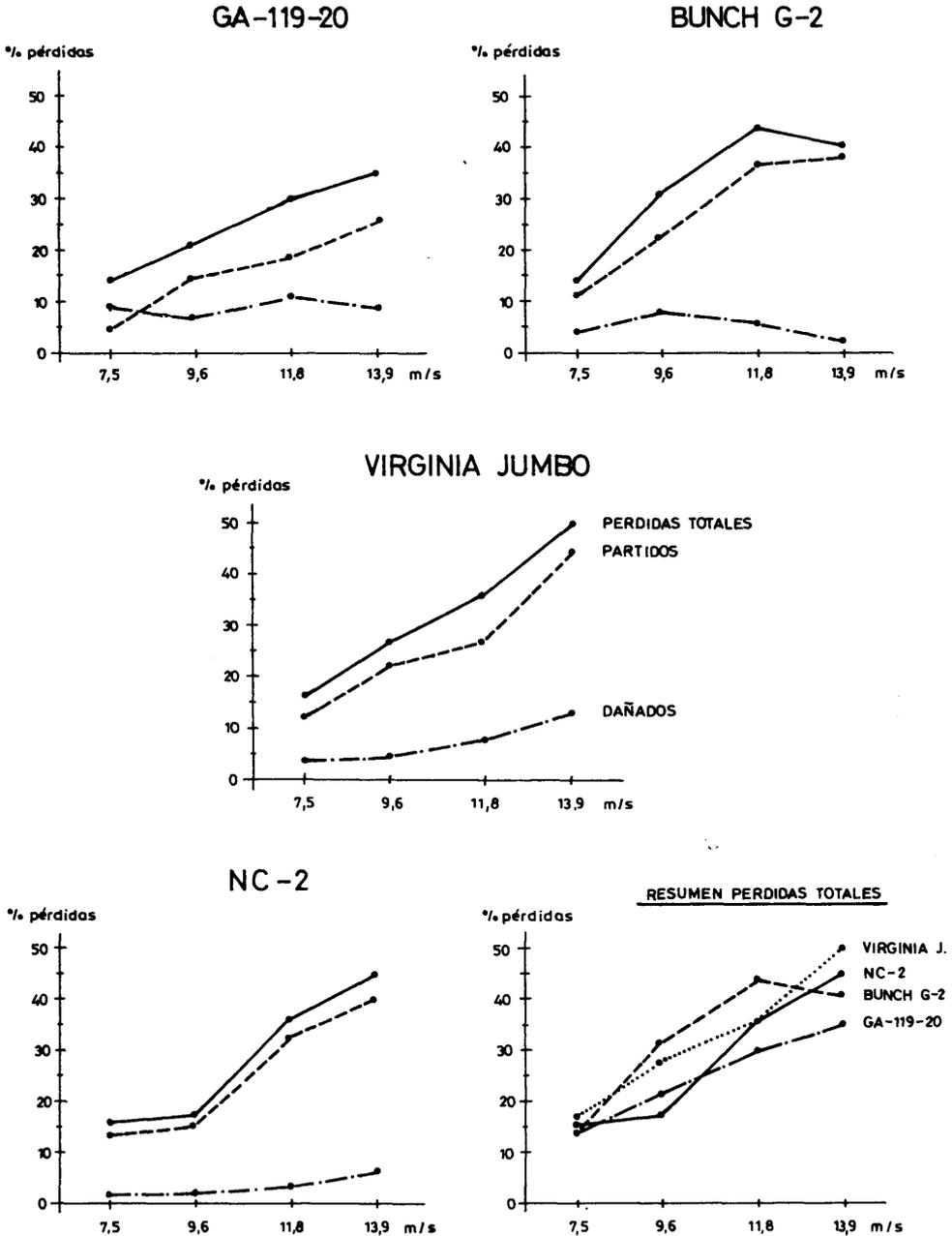


FIG. 11. Pérdidas en función de la velocidad periférica de los cilindros trilladores. Cuatro variedades a humedad muy baja. (20-25 %).

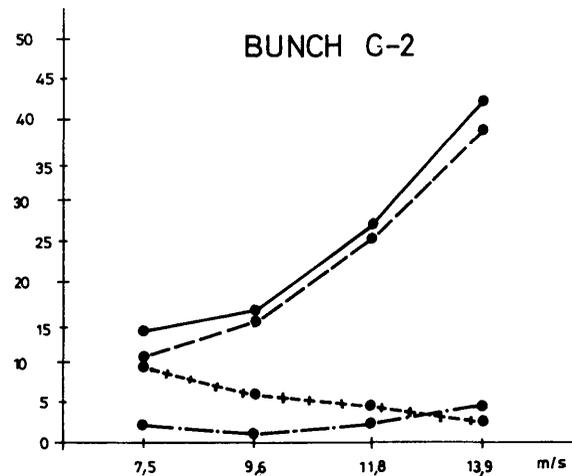
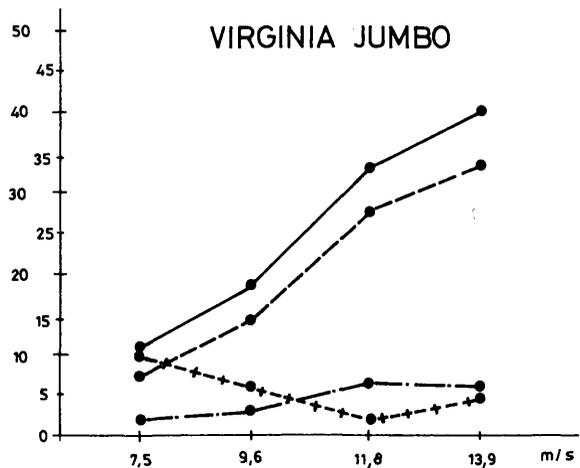
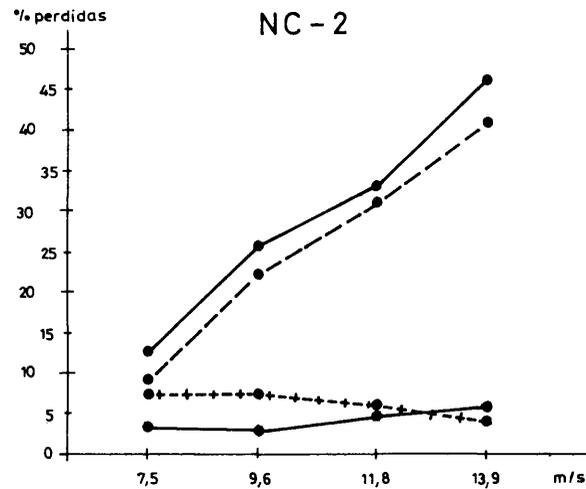
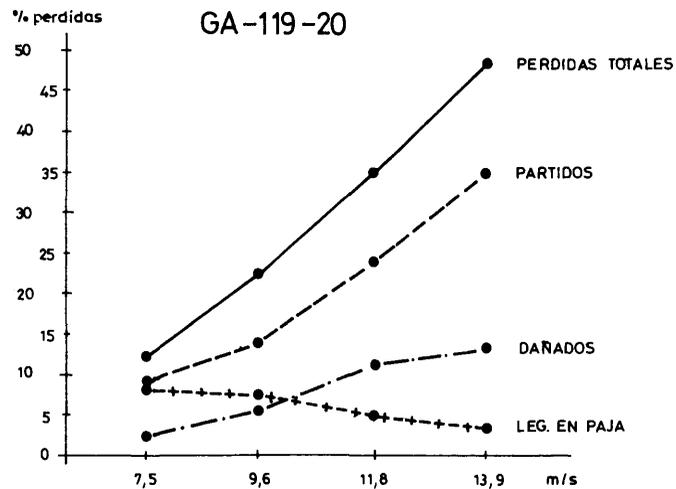


FIG. 12. Pérdidas en función de la velocidad periférica de los cilindros trilladores. Cuatro variedades a humedad muy alta. (40 %).

RESUMEN

Sobre ocho variedades de cacahuete, las cuales representan una amplia gama de tipos cultivados, se determinaron una serie de características mecánicas: fuerza de desprendimiento de las vainas de su pedúnculo, anchura y profundidad del cepellón de la planta en el arranque, longitud de los pedúnculos de las vainas, resistencia de la cáscara a la compresión entre dos planos paralelos y a impactos repetidos y rozamiento, y adecuación a la trilla o separación mecánica de las vainas. Para la determinación de estas dos últimas características se construyeron expresamente un aparato giratorio y una trilladora para ensayos.

La fuerza de desprendimiento de las vainas de su pedúnculo en el momento del arranque es característica de cada variedad, oscilando entre 1,0 y 0,4 kg en valor medio. La fuerza de desprendimiento disminuye ligeramente a lo largo de la última fase de maduración de los frutos en el terreno, y desciende hasta algo más de la mitad de su valor al cabo del proceso de desecación de las plantas después del arranque. La dispersión de las vainas en el suelo depende, al menos en cierto grado, de la longitud de sus pedúnculos. La resistencia de la cáscara del cacahuete al aplastamiento presenta una diferencia de 1 a 3 kg entre las dos posiciones: es mayor si la fuerza actúa según un plano paralelo al de la sutura de la vaina, variando en esta posición entre 5 y 12 kg para las distintas variedades. Los daños producidos a los frutos en la trilla mecánica aumentan en magnitud variable (según variedad) con la velocidad periférica de los cilindros, estimándose como límite para ésta el de 7 m/s para las variedades menos resistentes. Los daños se elevan más rápidamente para humedades por encima del punto óptimo (30 %) que para humedades menores.

SUMMARY

On eight peanut varieties, which represent a wide range of cultivated forms, a series of characteristics were measured: detachment force of the pods, width and depth of the mass of pods and soil, resistance of the pods to compression and repeated impacts and friction, and adaptation to combining. A giratory device and an experimental mechanical picker were constructed.

The detachment force of the pods is characteristic of each variety, with values between 1,0 and 0,4 kg in their means. This detachment force decreases slightly during the last phase of ripening of the plants in soil, and decreases to half of his value at digging, during the curing period. The width of the mass of pods and soil depends, at least to some extent, on the length of the gynophores. The resistance of the pods to compression shows a difference of 1 to 3 kg between both positions; it varies between 5 and 12 kg for the different varieties. A limit of the peripheral velocity of the picking cylinders of 7 m/s is estimated for the less resistant varieties in the conditions studied. Losses by mechanical picking become grater more rapidly for higher than for lower moisture content of the pods.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAUMANN R.W., NORDEN A.J., 1971. Effect of growth regulators on vegetative and reproductive characteristics of six peanut genotypes. *J. Amer. Peanut Res. Educ. Ass.*, 3 (1), 75-81.
- CORNEJO J., 1961. La culture de l'arachide en Espagne. *Oléagineux*, 16 (1), 1-5.
- INONE I.K., YOSHIDA K., 1970. Studies on seed shedding in crop plants. On the ease of pod detachment in groundnut. (en japones). *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 39 (1), 47-53. (en Pl. Br. Abstr., 41).

- KRAPOVICKAS A., 1968. *Origen, variabilidad y difusión del maní (Arachis hypogaea)*, Actas y Memorias. Congreso internacional de Americanistas de Buenos Aires.
- MOHSENIN N.N., 1970. *Physical properties of plant and animal materials*, vol. 1, 571 p. Gordon and Breach, Nueva York.
- RUIZ-ALTISENT M., 1972. Recolección mecánica del cacahuete. *MAG (Mecanización Agraria)*, 6, 7-8.
- RUIZ-ALTISENT M., ORTIZ-CAÑAVATE J., 1974. *Adecuación para la trilla mecánica de distintas variedades de cacahuete*, 6ª Conferencia Internacional de Mecanización Agraria de Zaragoza.
- RUIZ-ALTISENT M., 1974. *Selección en el cacahuete (Arachis hypogaea) enfocada a la mecanización de la recolección*. Tesis Doctoral (no publicada). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1968. *Statistical Methods*, 593 p. Iowa State University Press, Iowa.
- TARDIEU M., 1961. Un nouveau critère de sélection sur l'arachide: l'appréciation des restes en terre. *Agron. trop.*, 16, 433-439.
- TURNER W.K., SUGGS C.W., DICKENS J.W., 1967. Impact damage to peanuts and its effects on germination, seedling development and milling quality. *Trans. ASAE*, 10 (2), 248-249.
- VARIOS AUTORES, 1973. *Peanuts - Culture and Uses, A Symposium*, Am. Peanut Res. Educ. Ass. Inc. Stillwater, Oklahoma.

I. N. I. A.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
Avda. de Puerta de Hierro, s./n. Tel. 2-44-02-00.
Madrid-3 (España).