

# Propiedades físico-mecánicas del maní (*Arachis Hypogaea* L.) para el diseño de superficies planas de clasificación



CU-ID: 2177/v31n2e01

## Physical-Mechanical Properties of Peanut (*Arachis Hypogaea* L.) for the Design of Flat Classification Surfaces

✉Miguel Herrera-Suárez<sup>1\*</sup>, ✉Richard Xavier Cevallos-Mera<sup>1</sup>, ✉Paúl John Lucas-Meza<sup>1</sup>,  
✉Cristian Andrés Sornoza-Solórzano<sup>1</sup>, ✉Carlos Arturo Montes-Rodríguez<sup>1</sup>, ✉Omar González-Cueto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas”, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de los granos de maní de la variedad Criollo, requeridas para el diseño de las máquinas de clasificación gravimétrica. Para el cumplimiento del objetivo se determinaron las propiedades físico-mecánicas de los granos de maní de la variedad (Criollo) más cosechada en la Provincia Manabí-Ecuador. Como propiedades físicas se determinaron las dimensiones de los granos, el diámetro ecuatorial, además del peso específico y volumétrico. Dentro de las propiedades mecánicas se determinaron los ángulos de fricción y de rodadura (estático y dinámico) en cuatro tipos de superficies (acero al carbono, acero inoxidable, madera, y goma). Los resultados permitieron determinar las dimensiones de los granos de maní  $m=0,26$  a  $0,6$  g;  $L=10$  a  $15$  mm;  $d=5,50$  a  $9,1$  mm, se evidenció además que el ángulo de fricción y el de rodadura fueron mayores en los casos estáticos en todas las superficies investigadas. Las de acero inoxidable y aluminio fueron las que mostraron los valores más bajos de los coeficientes de fricción estático y dinámico ( $\phi=14,7 \pm 0,07$  y  $\phi_d=13,5 \pm 0,07$  grado). Los máximos valores se observaron en la superficie de caucho con  $\phi = 35,7 \pm 0,10$  y  $\phi_d = 31,4 \pm 0,13$ . El coeficiente de resistencia a la rodadura estático y dinámico mostró un comportamiento similar al observado en el ángulo de fricción, alcanzando valores máximos en la superficie de caucho ( $\alpha=26,0 \pm 0,11$  y  $\alpha_d=24,4 \pm 0,08$  grado).

**Palabras clave:** Clasificación, gravimetría, propiedades físicas, Propiedades mecánicas, postcosecha.

**ABSTRACT:** The goal of the present work is to determine the physical-mechanical properties of Criollo variety of peanut kernels, required for the design of gravimetric classification machines. To fulfill the objective, the physical-mechanical properties of the peanut kernels of the most harvested variety (Criollo) in Manabí-Ecuador Province were determined. As physical properties, the dimensions of the grains, the equatorial diameter, as well as the specific and volumetric weight were determined. Static and dynamic friction and rolling angles were determined within the mechanical properties on four types of surfaces (carbon steel, stainless steel, wood, and rubber). The results allowed determining the dimensions of the peanut kernels  $m = 0,26$  to  $0,6$  g;  $L = 10$  to  $15$  mm;  $d = 5,50$  to  $9,1$  mm. It was evidenced that the friction angle and the rolling resistance angle were higher in static cases on all surfaces investigated. Those of stainless steel and aluminum showed the lowest values of the static and dynamic coefficients of friction ( $\phi=14,7 \pm 0,07$  and  $\phi_d=13,5 \pm 0,07$  degree). The maximum values were observed on the rubber surface with  $\phi = 35,7 \pm 0,10$  and  $\phi_d = 31,4 \pm 0,13$ . The static and dynamic rolling angle showed a behavior similar to that observed in the friction angle, reaching maximum values in the rubber surface ( $\alpha=26,0 \pm 0,11$  and  $\alpha_d=24,4 \pm 0,08$  degree).

**Keywords:** Classification, gravimetry, physical properties, mechanical properties, postharvest.

\*Autor para correspondencia: Miguel Herrera-Suárez, e-mail: [miguelhs2000@yahoo.com](mailto:miguelhs2000@yahoo.com).

Recibido: 23/09/2021

Aceptado: 14/03/2022

## INTRODUCCIÓN

El maní o cacahuete (*Arachis hypogaea L*) es una de las leguminosas más nutritivas e importantes a nivel mundial, contribuyendo al desarrollo agrícola e industrial de los países donde se cultiva, especialmente de las naciones subdesarrolladas (Guamán y Ellaury, 2004).

Los altos contenidos de aceite, proteínas, vitaminas y minerales convierten a este cultivo en una excelente fuente alimenticia, tanto humana como animal, razón por la cual es altamente demandado por la industria de dulces y confituras. Los granos pueden ser consumidos crudos, tostados y de estos se puede fabricar mantequilla y aceite de alto valor nutritivo y utilitario para la industria (Ayala, 2009).

El maní por su naturaleza vegetal es una excelente fuente alimenticia, teniendo múltiples usos en la alimentación humana y animal, así mismo contribuye con el 30% de proteínas y 50% de grasas insaturadas que disminuyen el colesterol; además de ser muy rico en vitamina E y aportar minerales como sodio; potasio; hierro; magnesio; yodo; cobre; calcio (Ayala, 2009). Existen algunos expertos en nutrición que le atribuyen al maní beneficios para la salud cardiovascular y el funcionamiento del cerebro y ello radica en su composición al contar con ácido oleico y linoleico (Ayala, 2009).

Según las estadísticas por la región de América Latina (FAOSTAT, 2018), Argentina se ha consolidado como uno de los principales productores de maní con cáscara en el mundo, luego de China, India, Nigeria y Estados Unidos. La producción mundial de maní con cáscara oscila alrededor de las 45 654 t y es liderada por China (37% de la producción total) con alrededor de 17 000 t, seguida por India (20% del total) con alrededor de 9 000 t (Blengino, 2015).

En el ámbito mundial China, ha conseguido posicionarse como primer productor y exportador de maní en el mundo, aprovechando sus ventajas en términos de condiciones de suelos y zonas productivas, rendimientos y mano de obra. Lo que le permite competir con precios muy por debajo del promedio en el mercado. Sin embargo, no se ha avanzado en tecnología y calidad como si se hizo en otros países (Blengino, 2015).

En Ecuador el cultivo del maní es tradicional en las zonas productivas ubicadas en las provincias de Manabí, Loja, El Oro y Guayas. Actualmente se cultivan entre 12 000 y 15 000 ha, con un rendimiento promedio de 700 kg/ha de maní en cáscara (Ayala, 2009).

Aunque en Ecuador el cultivo de maní se ha convertido en un tipo de actividad familiar, la producción promedio anual se mantiene aproximadamente en 591-909 kg/ha, aunque ello no cubre las necesidades de consumo interno que son de

un promedio de 1150kg/ha, es decir, se producen 225t/año, con un marcado déficit para las industrias del aceite, la grasa vegetal y confitería de 450kg/ha.

A nivel mundial para los genotipos Español y Virginia respectivamente, el rendimiento es de 2 031 y 1 932 kg/ha (Zapata et al., 2012). La baja productividad mostrada en el cultivo del maní en Ecuador se debe básicamente a la falta de variedades mejoradas (Ivad, 2015).

En la provincia de Manabí, históricamente las plantaciones de este cultivo se concentran en los cantones Portoviejo, Tosagua, Chone, 24 de mayo y parte de Rocafuerte. En la misma se plantan 9 000 ha, de estas, el mayor volumen de producción se concentra en la parroquia Calderón, al noreste de Portoviejo. Ahí se desarrolla el 40% de los cultivos manabitas (Zambrano Casanova, 2018).

En esta zona se cultivan cuatro variedades de maní, siendo: INIAP 380; Charapoto o Criollo; Caramelo o 382; y el Rosita o 381. La variedad Criollo o Charapoto es la que mayor área de siembra abarca, pues presenta la mayor resistencia a las enfermedades y buena adaptabilidad a los rigores del clima que se experimentan en el territorio, aunque los rendimientos que pueden ser significativos si se aplican las prácticas agrícolas adecuadas (Barros, 2015).

El departamento de fomento productivo del Gobierno Provincial de Manabí, desarrolla varios proyectos para el mejoramiento de la producción del maní y el desarrollo de la agroindustria de este sector, así como apoyando nuevos emprendimientos que servirán como eje de desarrollo para la provincia. Dentro de este accionar se ha definido la existencia de una problemática relacionada con la selección y clasificación de los granos de maní, pues la misma atenta contra la calidad final del producto.

En Ecuador, a saber, las máquinas que se utilizan para la clasificación del grano de maní tienen como principio de trabajo el cribado o selección por calibres, de esa manera se separan los granos de maní según su tamaño. Esto trae como consecuencia que granos que son del mismo tamaño, pero que al momento de ser pesados no tienen la misma masa, mostrando diferencias de peso de hasta el 15%, problemática que obliga a que, en el proceso de beneficio del maní, sea necesario utilizar una clasificadora que su principio de funcionamiento o separación se base a la masa de los granos (diferencia de masa).

A nivel internacional se han desarrollado máquinas de este tipo, a muchas de estas se les conoce como clasificadoras gravimétricas o densimétricas, las mismas garantizan una mayor uniformidad en la masa de los granos.

Actualmente en el Ecuador este tipo de máquinas no se fabrican y su importación resulta costosa (MECALUX, 2016), con precios que pueden oscilar entre los 12 000,00 y 15 000,00 USD, por lo que resulta conveniente su desarrollo local.

Como un paso previo al diseño de estas máquinas se requiere la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los granos de maní. Tomando en cuenta estos aspectos, así como que la variedad Criollo o Charapoto es la más cultivada en la provincia Manabí, se decide realizar el presente trabajo que tiene como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas de los granos de maní de la variedad Criollo, requeridas para el diseño de las máquinas de clasificación gravimétrica.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación experimental se realizó en las condiciones controladas de los laboratorios de física del Instituto de Ciencias Básicas (ICB) de la Universidad Técnica de Manabí.

Se muestra el programa de las investigaciones experimentales (Tabla 1), donde se establecen el objeto de estudio, orden de ejecución, los aspectos analizados y el lugar de realización de cada tarea. Las mismas se realizaron en el período comprendido en el año 2017, primer semestre.

#### Metodología para determinar las propiedades físicas de los granos de maní (*Arachis Hypogea*)

Las propiedades físicas de los granos de maní investigadas fueron: longitud; diámetro ecuatorial; y la masa del maní. Las mismas concuerdan con las propiedades propuestas por [KURT y ARIOGLU \(2018\)](#), para la definición de las dimensiones de los granos.

La preparación de las muestras como un paso previo para la determinación de las propiedades físicas, consistió en la selección de 10 kg de semilla certificada, proveniente de las áreas experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Portoviejo. Las mediciones de las propiedades físicas comprendieron la toma de 50 muestras (granos) al azar, durante la determinación de cada una de las propiedades. En la [Figura 1](#), se



FIGURA 1. Muestra de los granos de maní variedad Criollo o Charapoto.



FIGURA 2. Determinación de la longitud de los granos de maní.

ilustra un momento de la preparación de la muestra de los granos de maní sometidos al ensayo.

**Metodología para la determinación de la longitud (L).** La medición de esta variable se realizó con un pie de rey marca WEZU de 250 mm  $\pm$  0,05 mm de error, la medición comprendió la distancia entre ambos extremos del maní, ([Figura 2](#)).

**Metodología para la determinación del diámetro ecuatorial (d).** La medición del diámetro ecuatorial se realizó con el pie de rey anteriormente descrito, tomando como medida la sección transversal de los granos ([Figura 3](#)).

TABLA 1. Programa de las investigaciones experimentales

| Tarea | Objeto de estudio                           | Aspectos a analizar   | Lugar  |
|-------|---|---|--|
| 1     | Propiedades físicas de los granos de maní   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud</li> <li>• Masa</li> <li>• Diámetro ecuatorial</li> <li>• Coeficiente de fricción estático</li> <li>• Coeficiente de fricción dinámico</li> </ul> | Laboratorio Instituto de Investigaciones Universidad técnica de Manabí                 |
| 2     | Propiedades mecánicas de los granos de maní | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficiente de resistencia a la rodadura estático</li> <li>• Coeficiente de resistencia a la rodadura dinámico</li> </ul>                                  | Laboratorio de física del Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí |



FIGURA 3. Determinación del diámetro ecuatorial de los granos de maní.



FIGURA 4. Determinación de la masa de los granos de maní.

**Metodología para la determinación de la masa (m).** La masa del maní se determinó en una balanza de precisión marca Ohaus Pioneer del modelo PA512 510 g X 0,01 g plato de 180 mm, con una capacidad de 510 g y una precisión desde 0,001g, se muestra la balanza de precisión, (Figura 4).

### Determinación experimental de las propiedades mecánicas de los granos de maní

Las propiedades mecánicas del maní que se determinaron durante las investigaciones experimentales están relacionadas con el contacto y deslizamiento relativo del maní, con la superficie de la clasificadora, así como la resistencia a la rodadura.

### Propiedades mecánicas relacionadas con la fricción, el contacto y la rodadura

**Angulo de fricción estático ( $\phi$ ).** Se determinó mediante la utilización de un plano inclinado (Akcali *et al.*, 2006). Dicho plano permite variaciones de inclinación de la superficie de deslizamiento desde 0 a 90 grado. Posee una escala que posibilita realizar lecturas del ángulo de inclinación. Se emplearon diferentes tipos de superficies de deslizamiento, tales como: Acero inoxidable tipo AISI 301; Aluminio; Caucho; Madera. En la figura 5, se muestran imágenes del plano inclinado utilizado en las investigaciones experimentales).

La fricción estática se determinó colocando longitudinalmente el grano de maní sobre la superficie de deslizamiento, a la cual se le varió su inclinación hasta el punto en que cualquier aumento de la

componente del peso ( $m \cdot g \cdot \sin(\phi)$ ) que actúa perpendicular al plano de deslizamiento provoque el deslizamiento. El grano estará en estado de movimiento inminente.

En el caso del movimiento inminente de los granos de maní, la sumatoria de fuerzas actuantes en ambos ejes se iguala a cero, puesto que el cuerpo se encuentra en reposo.

**Angulo de fricción dinámico ( $\phi_d$ ).** Se empleó el mismo procedimiento y equipamiento empleado durante la determinación de la fricción estática, con la diferencia que en este caso se ejerció un impacto sobre la superficie de deslizamiento en función de lograr que los granos de maní puedan vencer la fuerza de inercia que lo mantienen en equilibrio estático.

**Ángulo de rodadura estático ( $\alpha$ ) y dinámico ( $\alpha_d$ ).** Se determinó colocando transversalmente el grano de maní sobre el plano inclinado, de forma tal que, al variar la inclinación de la superficie, hasta que el grano comience a rodar sobre la misma. De igual forma que el caso anterior se ejerció un impacto sobre la superficie de deslizamiento en el caso del ángulo dinámico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la determinación de las propiedades físicas de los granos de maní muestran los principales estadígrafos de cada una de las propiedades investigadas (Tabla 2). Los mismos reflejan los valores medios y las desviaciones de las características dimensionales y de masa de los granos de maní, así como, los rangos y desviaciones de sus magnitudes.



FIGURA 5. Plano inclinado empleado en la determinación de los coeficientes de fricción y resistencia a la rodadura.



Para el caso específico de la masa de los granos de maní los resultados evidencian que, la variedad Criollo alcanza valores promedios de  $0,49 \pm 0,009$  g, dentro de un rango de valores de masa que varían desde  $0,26 \pm 0,009$  g hasta un máximo de  $0,77 \pm 0,09$  g. La desviación estándar no rebasó los 0,09 g. El coeficiente de variación muestra la gran variabilidad natural de la masa en esta variedad. La masa de los granos de esta variedad se asemejan a la de otras variedades que se cosechan en el Ecuador, pues está dentro del rango registrado para las variedades INIAP-380; INIAP-281 (INIAP, 1996, 2012). De igual forma, estos rangos de masa observados concuerdan con los reportados (Akcali *et al.*, 2006; Iraj *et al.*, 2011), aunque difieren de los 66,80 g reportados por Sarmiento (2013).

Para el caso de la longitud de las semillas los resultados muestran que esta variedad posee una longitud promedio de  $13,6 \pm 0,17$  mm, variando desde una longitud mínima de  $10 \pm 0,17$  hasta alcanzar valores máximos de  $20 \pm 0,17$  mm. La desviación estándar 1,7 mm y el coeficiente de variación de reafirman la variabilidad natural de las propiedades físicas de los granos de maní en esta variedad (Gojiya *et al.*, 2020).

Finalmente, el análisis de la determinación del diámetro ecuatorial de los granos de esta variedad mostró, que el diámetro ecuatorial promedio toma valores de  $8,01 \pm 0,12$  mm, con una desviación estándar de 1,21 mm, y valores extremos de  $5,50 \pm 0,12$  mm y  $12,0 \pm 0,12$  mm, como diámetros ecuatoriales máximos y mínimos.

El análisis de los histogramas de frecuencia, (Figura 6), mostró que los valores más probables de las variables investigadas están en el orden de  $m=0,26$  a  $0,6$  g;  $L=10$  a  $15$  mm;  $d=5,50$  a  $9,1$  mm.

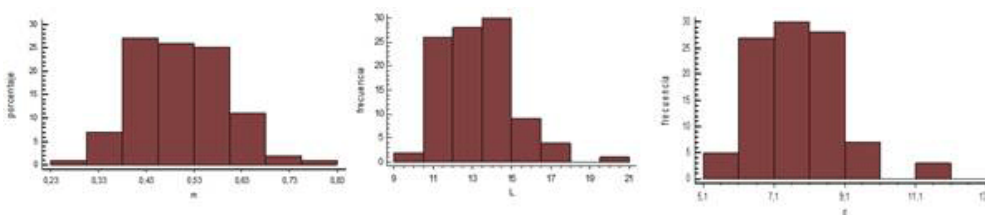
**Propiedades mecánicas de los granos de maní que intervienen en el diseño de las superficies de clasificación gravimétricas**

Los resultados de la determinación de los ángulos de rozamiento por el deslizamiento y de resistencia a la rodadura sin deslizamiento mostraron (Figura 7), los mayores valores para los casos estáticos, resultado que concuerda con las teorías clásicas del deslizamiento rodadura de los cuerpos. Problemática que está dada porque la fuerza necesaria para vencer la inercia que mantiene en equilibrio estático los granos, va a ser mayor que la fuerza necesaria para mantenerlos en movimiento (Ospina, 2002).

Para el caso de la fricción o rozamiento por deslizamiento (estática), los mayores valores del ángulo de fricción se observaron cuando los granos se deslizaron sobre superficie de caucho (goma) y de madera con  $\phi= 35,7 \pm 0,10$  y  $\phi= 22,9 \pm 0,12$  grado, respectivamente. En ambas superficies los valores fueron significativamente superiores (Tabla 3), en comparación con las de aluminio y acero inoxidable respectivamente  $\phi= 35,3 \pm 0,075$  y  $\phi= 22,9 \pm 0,075$  grado, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por varios investigadores (Olajidea y Igbekab, 2003; Akcali *et al.*, 2006; Iraj *et al.*, 2011).

**TABLA 2.** Estadígrafos de las propiedades físicas de los granos de maní

| Estadígrafo                  | m, g   | L, mm    | d, mm   |
|------------------------------|--------|----------|---------|
| Recuento                     | 100,00 | 100      | 100     |
| Promedio                     | 0,49   | 13,56    | 8,01    |
| Mediana                      | 0,49   | 13,0     | 8,0     |
| Moda                         |        | 12,0     |         |
| Media Geométrica             | 0,49   | 13,4586  | 7,92    |
| Varianza                     | 0,008  | 2,8802   | 1,47    |
| Desviación Estándar          | 0,09   | 1,6971   | 1,21    |
| Coefficiente de Variación, % | 18,06  | 12,51    | 15,16   |
| Error Estándar               | 0,009  | 0,169    | 0,12    |
| Mínimo                       | 0,26   | 10,00    | 5,50    |
| Máximo                       | 0,77   | 20,00    | 12,00   |
| Rango                        | 0,51   | 10,00    | 6,50    |
| Suma                         | 49,97  | 1356,00  | 801,00  |
| Suma de Cuadrados            | 25,78  | 18672,50 | 6562,00 |



**FIGURA 6.** Histograma de Frecuencias. a) Masa; b) Longitud; c) Diámetro ecuatorial.

**TABLA 3.** Pruebas de Múltiple Rangos. Método: 95,0 porcentaje Duncan

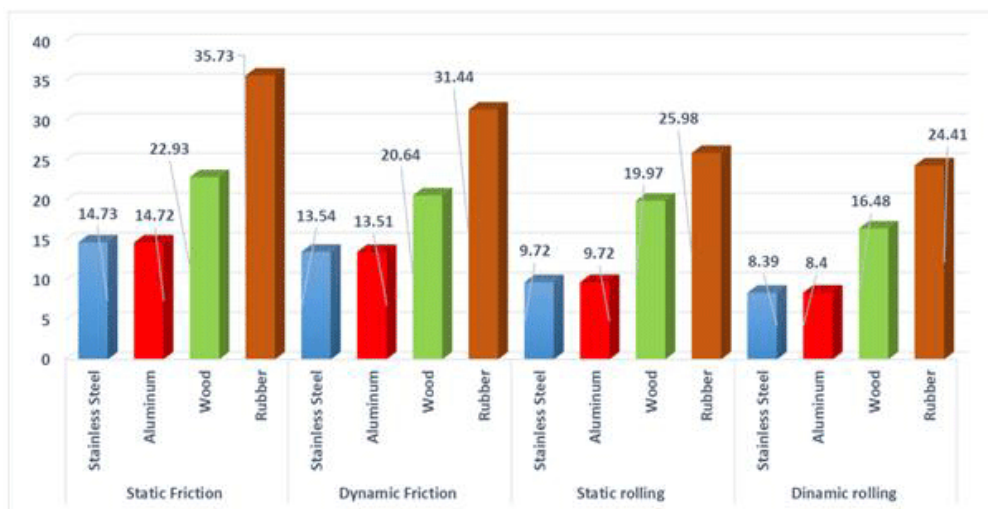
|                               | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|-------------------------------|-------|-------|-------------------|
| $\alpha_d$ - Acero Inoxidable | 50    | 8,39  | X                 |
| $\alpha_d$ - Aluminio         | 50    | 8,4   | X                 |
| $\alpha$ - Aluminio           | 50    | 9,72  | X                 |
| $\alpha$ - Acero Inoxidable   | 50    | 9,72  | X                 |
| $\phi_d$ - Aluminio           | 50    | 13,51 | X                 |
| $\phi_d$ - Acero Inoxidable   | 50    | 13,54 | X                 |
| $\phi$ - Aluminio             | 50    | 14,72 | X                 |
| $\phi$ - Acero Inoxidable     | 50    | 14,73 | X                 |
| $\alpha_d$ - Madera           | 50    | 16,48 | X                 |
| $\alpha$ - Madera             | 50    | 19,97 | X                 |
| $\phi_d$ - Madera             | 50    | 20,64 | X                 |
| $\phi$ - Madera               | 50    | 22,93 | X                 |
| $\alpha_d$ - Caucho           | 50    | 24,41 | X                 |
| $\alpha$ - Caucho             | 50    | 25,98 | X                 |
| $\phi_d$ - Caucho             | 50    | 31,44 | X                 |
| $\phi$ - Caucho               | 50    | 35,73 | X                 |

Los valores de registrados de  $\phi$  para las superficies de acero inoxidable y el aluminio no mostraron diferencias estadísticamente significativas para nivel de confianza del 95%. La magnitud de los valores observados concuerda con las encontradas por otros autores en otras variedades de maní (Akcali *et al.*, 2006; Iraj *et al.*, 2011; KURT y ARIOGLU, 2018). Aunque los valores obtenidos para la madera fueron menores que los reportados por Olajide y Igbekab (2003); Akcali *et al.* (2006) pues en estos casos encontraron valores de 24 a 26 grado.

Este mismo comportamiento se observó (Figura 7), durante la determinación del ángulo de fricción dinámico ( $\phi_d$ ), pues los valores mostrados variaron de  $\phi_d=13,51 \pm 0,07$  grado (superficie de aluminio) a  $\phi_d=31,44 \pm 0,13$  grado (superficie caucho). En este caso los valores del ángulo de fricción dinámica

observados fueron ligeramente superiores en la superficie de aluminio que en la de acero inoxidable, aunque esta diferencia no resultó significativa desde el punto de vista estadístico para un 95% del nivel de confianza (Tabla 3). Resultados similares fueron encontrados por López (2015) durante la determinación de las propiedades mecánicas del Sagú.

Los resultados de la determinación del ángulo de rodadura estático mostraron valores superiores ( $\alpha=25,98 \pm 0,11$  grado) para la superficie de caucho en comparación con el resto de las superficies investigadas (Figura 7), los menores valores se observaron ( $\alpha=9,72 \pm 0,09$ ) para las superficies de acero inoxidable y aluminio. La comparación entre los ángulos de rodadura observados en cada una de las superficies ratificó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores



**FIGURA 7.** Valores de los ángulos de rozamiento y resistencia a la rodadura de los granos de maní (Variedad Criolla).

registrados en las superficies analizadas, excepto las de acero inoxidable y aluminio que mostraron los mismos valores (Tabla 3).

Finalmente, el ángulo de rodadura dinámico ( $\alpha_d$ ), mostró una respuesta similar al resto de las variables analizadas para cada una de las superficies (Figura 7), pues los máximos valores se observaron en la superficie de caucho  $\alpha_d=24,41 \pm 0,08$  grado y los menores para la superficie de acero inoxidable  $\alpha_d=8,39 \pm 0,11$  grado. El análisis estadístico evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores observados de este ángulo en las superficies de acero inoxidable y la de aluminio para un 95% del nivel de confianza (Tabla 3). Sin embargo, estos valores poseen diferencias estadísticamente significativas con los observados en las superficies de madera y caucho respectivamente.

### CONCLUSIONES

Las propiedades físicas de los granos de maní de la variedad Criolla, que caracterizan su, tamaño, forma y masa, mostraron que para la variedad de maní investigada los valores más probables, son:  $m=0,26$  a  $0,6$  g;  $L=10$  a  $15$  mm;  $d=5,50$  a  $9,1$  mm;

El ángulo de fricción por el deslizamiento y el de rodadura sin deslizamiento mostraron los mayores valores para los casos estáticos, en comparación con los dinámicos, independientemente del tipo de superficie de deslizamiento o rodadura;

Las superficies de deslizamiento de acero inoxidable y aluminio fueron las que mostraron los valores más bajos del ángulo de fricción estático y dinámico ( $\phi=14,731 \pm 0,07$  y  $\phi_d=13,51 \pm 0,07$  grado). Los máximos valores de estos ángulos se observaron durante la utilización de la superficie de caucho con  $\phi=35,73 \pm 0,10$  y  $\phi_d=31,44 \pm 0,13$ .

El ángulo de rodadura estático y dinámico de los granos de exhibió una respuesta similar a la observada en el ángulo de fricción en cada una de las superficies de rodadura investigadas, alcanzando valores máximos en la superficie de caucho ( $\alpha=25,98 \pm 0,11$  y  $\alpha_d=24,41 \pm 0,08$  grado) y valores mínimos en la superficie de acero inoxidable ( $\alpha_d=8,39 \pm 0,11$  y  $\alpha=9,72 \pm 0,09$ ) grado.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKCALI, I. D.; INCE, A.; GUZEL, E.: "Selected Physical Properties of Peanuts", *International Journal of Food Properties*, ISSN: 1094-2912, 9(1): 25-37, 2006.

AYALA, T. C. L.: *Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de maní (Arachis hypogaea L) en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí*, 69pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero Agroempresas), Colegio de Agricultura,

alimentos y nutrición, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, 2009.

BARROS, C. J. C.: *Comportamiento agronómico de tres variedades de maní (Arachis hypogaea L.) en el cantón Quinsaloma*, 78pp., Tesis (en opción al título de Ing. Agropecuario), Unidad de Estudios a Distancia. Carrera Agropecuaria, Universidad Técnica de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador, 2015.

BLENGINO, C.: *Maní*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2, 2015.

FAOSTAT: *Cultivos. Producción/Rendimiento de Manís (cacahuete) con cáscara en América del Sur + (Total) 1994 - 2016, [en línea] 2017, Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> [Consulta: agosto, 2018].*

GOJIYA, D.; DOBARIYA, U.; PANDYA, P.; GOJIYA, K.: "Studies on Physical and Engineering Characteristics of Peanut Kernel", *International Journal of Nutritional Science and Food Technology*, ISSN 2471-7371, 6(2): 22-27, 2020.

GUAMÁN, R.; ELLAURY, R. J.: *Maní. Guía de cultivo para las zonas de Loja y el Oro*, Boletín divulgativo, 314, Guayaquil, 2004.

INIAP: *INIAP-380. Nueva variedad de Maní de alto potencial*. En: INIAP (ed.) Estación Experimental, Boliche. Ecuador, Vol. pp. 5, 1996.

INIAP: *INIAP-381. Nueva variedad de Maní precoz para zonas semisecas*. En: INIAP (ed.) INIAP: Estación Experimental Boliche, Ecuador, Vol. pp. 10, 2012.

IRAJ, B.; SAYED, H. P.; FATEMEH, R.-A.: "Mechanical behavior of peanut kernel under compression loading as a function of moisture contents", *Elixir Agriculture*, ISSN 2229-712X, 36: 3552-3557, 2011.

IVAD: *Producción actual de maní en Ecuador, rendimientos, y comercialización, [en línea] Disponible en: <http://ivad1991.blogspot.com/2015/07/produccion-actual-de-mani-en-ecuador.html>. [Consulta: 3 de marzo].*

KURT, C.; ARIOGLU, H.: "Physical and mechanical properties of some peanut varieties grown in Mediterranean environment", *Sciendo*, e-ISSN 2067-1865, Vol. LI(2): 27-34, 2018.

LÓPEZ, A.: *Determinación de las propiedades físico-mecánicas de los rizomas de Sagú (Maranta Arundinacea, L) requeridas para el diseño de las máquinas extractoras de almidón*, 71pp., Tesis (en opción al título académico de Máster en Ing. Agrícola), Departamento de Ing. Agrícola, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba, 2015.

- MECALUX: *Clasificadora y seleccionadora de granos y semillas (Bec-Car)*, [en línea] Disponible en: <https://www.logismarket.com.ar/bec-car/clasificadora-y-seleccionadora-de-granos-y-semillas/2682380584-1224556107-p.html> [Consulta: 15 de enero de 2017].
- OLAJIDEA, J. O.; IGBEKAB, J. C.: "Some physical properties of groundnut kernels", *Journal of Food Engineering*, ISSN 0260-8774, 58(2): 201 - 204, 2003.
- OSPINA, M. J. E.: *Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos*, edit. Universidad Nacional de Colombia, pp. 101, ISBN: 958-701-182-1, Bogotá, Colombia, 2002.
- SARMIENTO, C. L. M.: *Evaluación Agronómica de un cultivar de maní (Arachis hypogaea L.) tipo Valencia, en el Valle de Casanga, Provincia de Loja*, 126pp., Tesis (en opción al grado previo a la obtención del Título de Ing. Agrónomo), Área de Agropecuaria y Recursos Naturales y Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, 2013.
- ZAMBRANO CASANOVA, D. E.: *Propiedades físico mecánicas de los granos de maní (Arachis hypogaea L.) Que intervienen en la clasificación gravimétrica*, 76pp., Tesis (para optar por al grado de Magister en Ing. Agrícola), Instituto de Postgrado, Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador, 2018.
- ZAPATA, N.; VARGAS, M.; VERA, F.: "Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (Arachis hypogaea L.) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile", *Idesia (Arica)*, ISSN 0718-3429, 30: 47-54, 2012.

Miguel Herrera-Suárez, Profesor Principal II, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas, y Químicas, Departamento de Mecánica, Portoviejo, Manabí, Ecuador, e-mail: [miguelhs2000@yahoo.com](mailto:miguelhs2000@yahoo.com).

Richard Cevallos-Mera, Docente Tiempo Completo, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ing. Agrícola, Portoviejo, Manabí, Ecuador, e-mail [richard.cevallos@utm.edu.ec](mailto:richard.cevallos@utm.edu.ec).

Paúl-John Lucas-Meza. Ing. Mecánico. Graduado de la carrera de Ing. Mecánica, Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador, e-mail: [jlucas1334@utm.edu.ec](mailto:jlucas1334@utm.edu.ec).

Cristhian-Andrés Sornoza-Solórzano, Ing. Mecánico. Ing. Mecánico. Graduado de la carrera de Ing. Mecánica, Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador, e-mail: [csornoza7883@utm.edu.ec](mailto:csornoza7883@utm.edu.ec).

Carlos Arturo Montes-Rodríguez, Docente Tiempo Completo, Universidad Técnica de Manabí, Centro de Promoción y Apoyo al Ingreso, Portoviejo, Manabí, Ecuador, e-mail: [arturocarmontesro@gmail.com](mailto:arturocarmontesro@gmail.com).

Omar González-Cueto. Profesor Titular, Universidad Central "Marta Abreu de Las Villas", Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ing. Agrícola, Santa Clara, Cuba, e-mail: [omar@uclv.edu.ec](mailto:omar@uclv.edu.ec).

**AUTHOR CONTRIBUTIONS: Conceptualization:** M. Herrera, **Data curation:** M. Herrera, P. J. Lucas Meza, C. A. Sornoza Solórzano. **Formal analysis:** M. Herrera, O. González, R. X. Cevallos Mera, **Investigation:** M. Herrera, R. X. Cevallos Mera, P. J. Lucas Meza, C. A. Sornoza Solórzano, C. A. Montes Rodríguez. **Methodology:** M. Herrera, O. González, P. J. Lucas Meza, C. A. Sornoza Solórzano. **Supervision:** M. Herrera, O. González. **Roles/Writing, original draft:** R. X. Cevallos Mera, P. J. Lucas Meza, C. A. Sornoza Solórzano, C. A. Montes Rodríguez. **Writing, review & editing:** M. Herrera, O. González, C. A. Montes Rodríguez.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.