

INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es la leguminosa comestible más ampliamente distribuida en el mundo, haciendo una importante contribución a la nutrición humana por sus elevados contenidos de proteína y aceite. Esta especie es originaria de América del Sur, posiblemente de Bolivia, en donde es encontrada una gran variabilidad genética de parientes silvestres y razas primitivas. Luego de su domesticación el cultivo fue difundido a lugares cálidos de todo el neotrópico, llegando hasta México y las Antillas (Mazzani, 1983).

Actualmente, es cultivado en 96 países de regiones tropicales, subtropicales y templadas entre 45 ° N y 35 ° S, desde el nivel del mar hasta 1500 m, especialmente en África, Asia, Norte y Suramérica. En el 2009 fueron cosechadas 23.951.156 ha en el ámbito mundial, para una producción de 36.456.791 t y un rendimiento promedio estimado en 1.522,5 kg/ha. Los principales productores a nivel mundial son la China y la India con 14.770.000 y 5.510.000 t de maní en cáscara, respectivamente (FAOSTAT, 2010).

En Venezuela, en los años 70 y 80, el maní constituyó uno de los principales cultivos oleaginosos en la región oriental, específicamente en las sabanas de la Mesa de Guanipa, Estado Anzoátegui y en el Estado Monagas, llegándose a sembrar alrededor de 40.000 ha. Reiteradas políticas agrícolas inestables, falta de incentivos a los productores, elevados costos de producción del cultivo, problemas de precios del producto, alta incidencia de *Aspergillus flavus* Link ex Fries, aunados a otros factores, ocasionaron una drástica disminución en el área de siembra del cultivo en el país (Mazzani, 1983; FAOSTAT, 2010).

Durante los años 2005 a 2009 solamente fueron cosechadas en promedio 375 ha, para la producción de 1.167 t y rendimientos de 3.093 kg/ha. Durante el 2008 fueron importadas al

país 994 t de maní en cáscara y 3.111 t de maní descascarado, con un valor de importación equivalente a 1.190.000 y 5.415.000 dólares, respectivamente (FAOSTAT, 2010).

Los granos de maní hacen una importante contribución a la dieta en muchos países, por ser buena fuente de proteínas, lípidos y ácidos grasos; además de azúcares solubles y minerales que lo hacen importante nutricionalmente. (ICRISAT, 1986). En muchas partes del mundo, el aceite de maní es el principal producto del cultivo (Bansal *et al.*, 1993), por lo cual, contribuye, en gran medida, a la ingesta de energía en pueblos de todo el mundo; ya que contiene entre 47 y 50 %, por lo tanto su calidad y estabilidad lo hacen importante para los consumidores (Grosso y Guzmán, 1995; Özcan, 2010). Es rico en grasas monoinsaturadas, lo que lo hace saludable. Sin embargo, la variación en el contenido de nutrientes y su calidad va a depender de las variedades, clima, suelo, prácticas de cosecha y métodos de control de plagas (Prathiba y Reddy, 1994).

Es consumido como nuez tostada, también crudo, hervido o salado, además en diversas manufacturas. La torta, producto de la extracción del aceite, contiene 40-50 % de proteína y es principalmente usada para consumo animal (Mazzani, 1983).

A diferencia de las demás oleaginosas, el maní puede ser consumido directamente como alimento. Con el crecimiento de otros rubros oleaginosos a nivel mundial en las últimas dos décadas, la presión en el cultivo del maní como oleaginosa ha disminuido considerablemente, viéndose como un producto altamente nutritivo, como fuente directa de alimento y en confitería, además de su aceite (Harish *et al.*, 2005).

En Asia y África, el maní es un importante cultivo desde el punto de vista nutricional, por su elevado contenido de proteínas, así como por la diversidad que este tiene en cuanto a sus usos. Esto se manifiesta con la siembra, en el año 2008, del 54,26% y el 40,88% del área mundial del cultivo, respectivamente (FAOSAT, 2010). En años recientes, alimentos basados

en cereales y leguminosas, los cuales utilizan el maní como fuente de proteínas han sido desarrollados para mitigar problemas de malnutrición protéica y calórica que afectan gran parte de la población (Pattee *et al.*, 2000b).

A pesar de la importancia nutricional y económica del maní, numerosas plagas y enfermedades representan serias limitaciones para su producción. Uno de los problemas del cultivo es la contaminación de sus frutos y semillas por microorganismos, ya que los mismos se desarrollan en contacto directo con el suelo, por lo cual se hace particularmente susceptible a la contaminación por mohos durante su crecimiento y almacenamiento, que desmejoran directamente la calidad del producto. La incidencia de *Aspergillus flavus* y otros mohos sobre el grano de maní en Venezuela ha sido tan elevada que en ciertas ocasiones inutiliza el valor comercial del producto, independiente de la contaminación por micotoxinas (Mazzani, 1989). Las condiciones tropicales favorecen, además, el crecimiento de especies toxigénicas con el subsecuente riesgo de contaminación por micotoxinas, como por ejemplo las aflatoxinas. Así mismo, dependiendo de su frecuencia, algunas especies fúngicas de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Rhizopus*, pueden ocasionar pérdidas en la germinación y pudriciones de plántulas (Moraes y Mariotto, 1985; Mazzani, 1989).

La contaminación por aflatoxinas representa un serio problema económico y de salud pública para los países productores de maní. Las aflatoxinas son metabolitos secundarios tóxicos y altamente carcinogénicos, producidos principalmente por las especies fúngicas *A. flavus* y *A. parasiticus* Speare, que afectan tanto a humanos como a animales. Las aflatoxinas no afectan la productividad del cultivo, pero su toxicidad es una limitante para el consumo y hace que las mismas constituyan el principal impedimento para la exportación del producto (Upadhyaya *et al.*, 2007).

La comercialización del maní, particularmente en el comercio internacional, puede ser disminuida hasta la nulidad, dados los estrictos estándares en los límites permisibles de contaminación por aflatoxinas de algunos países importadores; teniendo esto un impacto en la industria del rubro. Como ejemplo, se puede mencionar que el problema le cuesta a productores, intermediarios y demás eslabones de la cadena productiva de maní solo en el Sur Este de EE.UU. más de 25 millones de dólares anuales (Lamb y Sternitzke, 2001).

Por lo antes expuesto, la reducción o eliminación de la contaminación por aflatoxinas es la meta de muchos países, pero su manejo en el maní es complejo. Sin embargo, paralelo a la aplicación de prácticas culturales, de cosecha y almacenamiento, el uso de cultivares resistentes podría ser parte efectiva y de bajo costo de un programa de manejo integrado de este problema (Xue, 2004; Upadhyaya *et al.*, 2007).

En este sentido, el reciente interés para la recuperación del cultivo del maní en Venezuela, hace necesaria la caracterización de cultivares en cuanto a su calidad para aumentar su valor comercial, a través de la selección de genotipos tolerantes a la incidencia de *A. flavus*, a la contaminación por aflatoxinas, así como de buena calidad nutricional de su grano. Sobre la base de estas consideraciones fue planteada esta investigación cuyos objetivos fueron los que a continuación se señalan.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar la calidad química y micotoxicológica de diez genotipos en maní de dos localidades de Venezuela

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- * Detectar y cuantificar la microbiota total asociada a los granos de diez genotipos de maní procedentes de dos localidades de Venezuela.
- * Detectar y cuantificar la incidencia natural de campo de *Aspergillus flavus* asociada a los granos de diez genotipos de maní procedentes de dos localidades de Venezuela.
- * Determinar las poblaciones de *Aspergillus flavus* presentes en los suelos en relación al cultivo del maní.
- * Cuantificar los contenidos de aflatoxinas en granos de diez genotipos de maní procedentes de dos localidades de Venezuela.
- * Evaluar diez genotipos de maní sobre la base de caracteres del fruto y grano, promisorios para confitería.
- * Determinar la calidad química del grano de diez genotipos de maní en cuanto a contenido de aceite, proteínas, azúcares reductores y ácidos grasos.

REVISIÓN DE LITERATURA

EVOLUCIÓN Y TAXONOMÍA DEL MANÍ

Las especies del género *Arachis* se diferencian de la mayoría de las otras plantas por florecer en la parte aérea y producir sus frutos por debajo de la superficie del suelo. Solo el maní (*A. hypogaea* L.) ha sido domesticada, a pesar que otras especies del género han sido cultivadas por su semilla (*A. villosulcarpa* Hoehne y *A. stenosperma* Krapov. y W. C. Gregory) o forraje (*A. pintoi* Krapov. y W. C. Gregory y *A. glabrata* Benth), (Fávero *et al.*, 2006).

El maní pertenece a la Familia *Fabaceae* (sinónimo: Leguminosae), Subfamilia *Papilionoidae*. El género *Arachis* comprende 81 especies, 69 descritas por Krapovickas y Gregory, 11 por Valls y Simpson y 1 indeterminada (Fávero *et al.*, 2006), y agrupadas en nueve secciones según su morfología, hábito de crecimiento, ciclo de vida, distribución eco-geográfica, información citológica y cruzabilidad entre ellas.

Arachis hypogaea fue clasificada botánicamente por Krapovickas y Gregory en dos subespecies, cada una constituida por dos o más variedades botánicas (Mazzani, 1983) como sigue:

A. Subespecie *hypogaea* (ramificación alterna)

- * Variedad *hypogaea* (tipos Virginia)
- * Variedad *hirsuta* Köhler (tipos peruanos rastreros)

B. Subespecie *fastigiata* Waldron (ramificación secuencial)

- * Variedad *fastigiata* (tipos Valencia)
- * Variedad *peruviana* Krapov. & W. C. Greg. (tipos Valencia peruanos)

* Variedad aequatoriana Krapov. & W. C. Greg. (tipos Zaruma)

* Variedad vulgaris Harz (tipos Spanish)

CUALIDADES NUTRICIONALES Y CONFITERAS DEL MANÍ

El grano de maní contiene componentes importantes para la nutrición humana, y por esto sus aspectos de calidad nutricional están ganando importancia originando un aumento de uso del producto como alimento, sobre todo en países en desarrollo (Campos *et al.*, 2009).

Dwivedi *et al.* (1996) señalan que además de los factores físicos (tamaño y forma de la semilla, la integridad de la testa o cubierta y la eficiencia del blanqueado) y sensoriales (color, aroma, textura y sabor del grano), los componentes nutricionales (contenido de aceite, proteína, composición de ácidos grasos y aminoácidos) son los principales atributos de calidad para el maní; siendo estos de suma importancia para el mercado del maní en el ámbito mundial. Ajay *et al.* (2008) indican al tamaño de la semilla como uno de los más importantes atributos para maní de exportación y el mismo determina tanto la calidad como su valor.

Los requerimientos de calidad del maní confitero son más estrictos y claramente diferentes a los del maní oleaginoso. Los granos grandes, uniformes en tamaño y forma, y de alta relación ácidos grasos oleico/linoleico son generalmente preferidos para el maní confitero (Dwivedi *et al.*, 1993^a; Kathirvelan y Kalaiselvan, 2006; Ajay *et al.*, 2008).

También son requeridos cultivares de granos oscuros, con altos contenidos de proteínas y bajos contenidos de aceite (Ajay *et al.*, 2008). Sin embargo, al respecto Isleib *et al.* (2004) señalan que la reducción del contenido de aceite no debe estar acompañada por disminuciones significativas de los aspectos del sabor.

La composición química del grano es grandemente influenciada por la localidad de cultivo (McWatters y Cherry, 1982; Mazzani, 1983; Bansal *et al.*, 1993; Young *et al.*, 1974; Grosso y Guzmán, 1995), las épocas de siembra (Andersen y Gorbet, 2002; Ajay *et al.*, 2008), régimen hídrico (Dwivedi *et al.*, 1996; Casini *et al.*, 2003; Ajay *et al.*, 2008), temperaturas de suelo y atmosféricas (Golombek *et al.*, 1995), madurez fisiológica (Sanders *et al.*, 1982; Dwivedi *et al.*, 1993a; Andersen *et al.*, 1998) y tamaño del grano (ICRISAT, 1986; Dwivedi *et al.*, 1993b; Prathiba y Reddy, 1994).

La composición del grano de maní ha sido vinculada con posible resistencia a *A. flavus*; a cuyo respecto Shan *et al.* (2006) observaron una mayor resistencia a este moho en cultivares de contenidos de proteínas más elevados. Por otra parte, disminuciones en el contenido de proteínas totales y almidón; y aumentos en los contenidos de aminoácidos y azúcares reductores fueron encontradas en granos de maní infectados por *A. fumigatus*, *A. flavus* y *A. terreus* (Bindu y Kumar, 2003).

Una variación en germoplasma de maní ha sido reportada en relación al tamaño del grano, contenidos de aceite y composición de ácidos grasos (Mazzani, 1983; Dwivedi *et al.*, 1989, 1993b; Andersen *et al.*, 1998), contenidos de proteínas (Dwivedi *et al.*, 1990; Ajay *et al.*, 2006), carbohidratos (Pattee *et al.*, 2000a), perfil de ácidos grasos (Ajay *et al.*, 2008), y relación de los ácidos grasos oleico y linoleico (O/L) (Asibuo *et al.*, 2008).

La semilla del maní está constituida por 4-5% de testa o cubierta, 92-94% de cotiledones, y 3-4% de embrión. La testa está compuesta por carbohidratos, celulosa, proteínas y compuestos fenólicos, mientras que los cotiledones están compuestos principalmente por aceite y proteínas. El embrión contiene una alta proporción de proteínas, azúcares reductores y disacáridos (Singh y Diwakar, 1993).

La semilla de maní contiene entre 44 y 56% de aceite y entre 22 y 30% de proteína en base seca. Es una fuente importante de energía (5,64 cal/g) y rica en minerales (fósforo, calcio, magnesio y potasio) y vitaminas de los grupos E, K y B. El ácido aspártico, el ácido glutámico y la arginina representan el 45% de total de aminoácidos en la semilla de maní; mientras que la misma es deficiente en lisina, metionina y treonina (McWatters y Cherry, 1982; Mazzani, 1983; Kathirvelan y Kalaiselvan, 2006).

PROTEÍNAS Y ACEITE

El maní ha sido valorado por el alto contenido de proteína de su grano, y usado como suplemento proteínico en alimentos basados en cereales y leguminosas para mitigar problemas de malnutrición proteico-calórica (Singh y Singh, 1991); más recientemente fue ideada una pasta alimenticia basada en mantequilla de maní (plumpy-nut), de 500 calorías por ración, que está siendo usada como solución viable para la hambruna infantil en países africanos (Ashworth, 2010).

La proteína de maní es deficiente en ciertos aminoácidos, pero es de fácil digestibilidad, comparable a la proteína animal (Singh y Singh, 1991).

La evaluación de germoplasma de maní en cuanto a proteínas ha arrojado rangos de variación oscilando entre 15,5 y 38,61 % (Campos *et al.*, 2009; Asibuo *et al.*, 2008; Ajay *et al.*, 2008; Özcan, 2010; Atasié *et al.*, 2009; Manivel *et al.*, 2000; Prathiba y Reddy, 1994).

Las proteínas de los granos de maní han sido evaluadas de acuerdo a regímenes hídricos (Dwivedi *et al.*, 1996, Ajay *et al.*, 2008). Condiciones secas a finales del ciclo del cultivo provocaron incrementos en los contenidos de proteínas en el grano de maní; sin embargo, el déficit hídrico a mediados de ciclo no influyó significativamente en los mismos (Dwivedi *et*

al., 1996). Por su parte, Ajay *et al.* (2008) hallaron mayores contenidos de proteínas en época de lluvias (26,71%), que en post-lluvia (24,36%).

Prathiba y Reddy (1994) señalan contenidos de proteínas más elevados en variedades de semilla pequeña que en las de semilla grande y de color oscuro. En un estudio con 29 cultivares nativos de maní, un contenido de proteína más bajo fue encontrado en variedades de maní *hypogaea*, que en *fastigiata*, *aequatoriana* y *peruviana* (Grosso y Guzmán, 1995). Lo mismo encontraron otros autores quienes señalan contenidos de proteínas promedio de 22,78% en los cultivares de la subespecie *hypogaea*, menores que los encontrados en los cultivares de la subespecie *fastigiata* con promedio de 25,69% (Asibuo *et al.*, 2008).

El elevado contenido de aceite de la semilla del maní ha hecho a esta especie una planta oleaginosa por excelencia durante muchas décadas, siendo objeto de numerosas investigaciones.

Para maní con fines confiteros y para consumo directo la reducción en el contenido de aceite en el grano de maní es una característica deseable, ya que los consumidores prefieren productos bajos en grasas (Manivel *et al.*, 2000; Isleib *et al.*, 2004). Isleib *et al.* (2004) mencionan que esto podría ser solucionado a través de la selección genética de cultivares. En este sentido, en maní fue encontrada asociación negativa y significativa entre los contenidos de aceite y proteínas en 800 líneas del banco de germoplasma del ICRISAT (ICRISAT, 1986) y 64 cultivares experimentales (Dwivedi *et al.*, 1990).

En cultivares de maní se ha encontrado una variación en el contenido de aceite con rango entre 41 y 56% (Berry, 1982; Dwivedi *et al.*, 1990; Bansal *et al.*, 1993; Prathiba y Reddy, 1994; Andersen *et al.*, 1998; Ajay *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2009).

El contenido de aceite en el maní varía en relación a su calidad, localidad, épocas de siembra y condiciones de cultivo (Young *et al.*, 1974). Evaluaciones en el grano de maní procedente de cuatro ambientes indicaron que el contenido de aceite fue afectado significativamente por variaciones ambientales (Bansal *et al.*, 1993); habiéndose evidenciado una significativa interacción genotipo ambiente (Dwivedi *et al.*, 1996; Ajay *et al.*, 2008). Ajay *et al.* (2008) señalan contenidos de aceite promedios significativamente mayores después de las lluvias (48,16%), en comparación a los obtenidos en época lluviosa (43,82%), evidenciándose una influencia estacional en los mismos.

El contenido de aceite en maní no mostró relación con el hábito de crecimiento propio de las subespecies del maní (Bansal *et al.*, 1993). Sin embargo, Asibuo *et al.* (2008) encontraron contenidos de aceite más elevados en cultivares Virginia (subespecie *hypogaea*) que en los tipos Spanish y Valencia (subespecie *fastigiata*).

En estudios realizados sobre la relación entre la composición química del grano de maní y su tamaño, Prathiba y Reddy (1994) no encontraron relación significativa entre el tamaño del grano y los contenidos de aceite entre siete variedades de maní, con variación entre 46 y 52%. En el mismo sentido, Dwivedi *et al.* (1990) tampoco encontraron relación en los contenidos de aceite con la masa de la semilla. Sin embargo, encontraron variaciones en el contenido de aceite dentro de cultivares, con incrementos significativos lineales, a medida que aumentaba la masa (peso) de la semilla dentro de muestras de la misma categoría de semilla por tamaño; no siendo así para los contenidos de proteínas.

El contenido de aceite aumenta a medida que la semilla del maní madura (Kim y Hung, 1991).

AZÚCARES

En el maní poco se conoce acerca de la variación genotípica de los carbohidratos. Al respecto, Oupadissakoon *et al.* (1980b) detectaron ocho azúcares en muestras de cinco cultivares de maní, a saber: desconocido (posiblemente desoxirribosa), ribosa, fructosa, glucosa, inositol, sacarosa, rafinosa y estaquiosa. De éstos predominó la sacarosa con cerca de 30 mg/g de maní, lo que representó un 85% del total de los azúcares. Las medias para estaquiosa, rafinosa, fructosa, inositol, glucosa y desconocido fueron 3,98, 0,35, 0,21, 0,13, 0,10 y 0,06 mg/g, respectivamente. La ribosa se encontró en pequeñas cantidades o trazas.

Así mismo, se han señalado rangos entre 0,75% a 2,1% de glucosa, 0,40 a 0,58% de fructosa, de 1,9 a 5,2% de sacarosa y 7,7-13,9% en harina desgrasada y entre 1,9 a 5,2% en grano seco (Vohra, 1989; Silva *et al.*, 2006; Asibuo *et al.*, 2008). Burke *et al.* (2009) en granos de maní encontraron incrementos en los contenidos de rafinosa y estaquiosa a medida que la sacarosa disminuye.

Han sido reportados valores entre 6,16 y 14,29 g/100g para la suma de sacarosa, fructosa y glucosa en granos de maní argentino, más altos que en maní de los EE.UU, los cuales alcanzan promedios de 4,60 g/100 g (Casini *et al.*, 2003).

Isleib *et al.* (2008) señalan en maní una baja variación genética en el contenido de azúcares y predominio de variación ambiental para las concentraciones de sacarosa (69%), total de azúcares (68%) y otros azúcares. Oupadissakoon *et al.* (1980a) hallaron variaciones importantes en la cantidad de azúcares libres, así como diferencias altamente significativas entre cultivares y localidades para la mayoría de los azúcares encontrados. Observaron que los efectos varietales fueron mayores para los contenidos de azúcares libres. Para los contenidos de glucosa no encontraron variaciones entre localidades de siembra. Por su parte,

Geater y Ferh (2000) no encontraron interacción localidad x tratamiento en cuanto al contenido de azúcares de 23 cultivares de soya.

Shanmugasundaram *et al.* (2001) en soya fresca (legumbre) encontraron significación para la varianza genotípica y la varianza dada por los años de siembra, para los contenidos de azúcares tomados en diferentes años. Señalan heredabilidad en el contenido de azúcares, con buenas posibilidades de obtener progresos de selección para cultivares con altos contenidos. También en soya, Geater y Fehr (2000) observaron diferencias significativas entre 23 cultivares de soya y entre localidades para la cantidad de azúcares de cultivares de semilla pequeña. Señalan que la importancia relativa de los dos factores dependerá de la diversidad de genotipos probados y de los ambientes estudiados.

En el maní es posible mejorar la eficiencia de la selección para la dulzura y la calidad del grano tostado, por medio de la evaluación del total de carbohidratos, dentro de los tipos comerciales. Sobre la base de valores de regresión la mayor eficiencia ocurrirá en los tipos *fastigiata*, seguidos de los tipo runner (Pattee *et al.*, 2000b).

Al respecto, Pattee *et al.* (2000a) con cromatografía de intercambio iónico aislaron 20 componentes de carbohidratos en 52 genotipos de maní, cuantificándose inositol, glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquirosa y doce picos no conocidos entre los que fueron tentativamente identificados verbascosa y ajugosa. Nueve de los 18 carbohidratos estimados mostraron una significativa variación entre ambientes, cinco entre tipos comerciales, 14 entre genotipos dentro del mismo tipo comercial y 11 mostraron significativa interacción genotipo x ambiente. Los genotipos explicaron entre 38 y 78 % de la variación total, sugiriendo una alta heredabilidad en sentido amplio. La alta variación genotípica en los componentes de los carbohidratos fue similar a la alta variación genotípica encontrada en el atributo de dulzura en maní tostado sugiriendo posibles interrelaciones. Los autores sugieren que tales relaciones

pueden ser de beneficio en programas de mejoramiento genético, para asegurar el mantenimiento de la calidad del sabor en futuras variedades (Pattee *et al.*, 2000a). En el maní es posible mejorar la eficiencia de la selección para la dulzura y la calidad del grano tostado por medio de la evaluación del total de carbohidratos dentro de los tipos comerciales. Sobre la base de valores de regresión la mayor eficiencia ocurrirá en los tipos fastigiata, seguidos de los tipo runner (Pattee *et al.*, 2000b).

La asociación del total de azúcares con otros caracteres de la semilla ha sido estudiada, para facilitar el desarrollo de cultivares con composición apropiada, y también para inferir su composición a través de caracteres de más fácil medición.

Los azúcares reductores han sido señalados como importantes precursores del sabor y de la calidad del maní tostado (Casini *et al.*, 2003; Pattee *et al.*, 2000a). Las correlaciones entre sabor dulce y amargo y los atributos de maní tostado han resultado evidentes; en este sentido, el total de azúcares fue correlacionado de manera positiva con el atributo del maní tostado y negativamente con el sabor amargo y la astringencia. La esperada correlación entre los azúcares totales y la dulzura no pudo ser establecida, debido a que la relación no fue la misma entre todos los tipos comerciales del maní (Pattee *et al.*, 2000b). De acuerdo a Isleib *et al.* (2006), las diferencias en el contenido de azúcar fue el principal factor que afectó el color de la pasta de maní y los atributos sensoriales.

En soya una alta correlación negativa (-0,81) fue encontrada entre el total de azúcares y la suma de los contenidos de proteínas y aceite. El tamaño de la semilla tuvo gran influencia en la asociación individual con los contenidos proteínas, aceite y fibra. La correlación fenotípica entre el total de azúcares y proteínas de 23 cultivares de soya estudiados no resultó significativa cuando los tres cultivares de semilla pequeña fueron incluidos en los análisis; mientras que cuando no fueron tomados en cuenta, una correlación alta y negativa -0,73 fue

observada entre estas dos variables (Geater *et al.*, 2000). También en soya Geater y Ferh (2000) encontraron una correlación significativa de -0,90 entre el total de azúcares y proteínas, en un amplio rango de tamaños de grano, y concluyeron que el contenido de proteínas, por si solo, no es un predictor confiable del total de azúcares a menos que el tamaño de la semilla y el contenido de fibra de los genotipos sean similares.

Prathiba y Reddy (1994) en maní encontraron que el contenido de azúcar en variedades de grano grande fue mayor.

Shanmugasundaram *et al.* (2001) en soya fresca señalan al contenido de aceite como un criterio indirecto de selección para altos contenidos de azúcares. Estos autores indican que los contenidos de azúcares tuvieron correlación negativa con los contenidos de aceite y los contenidos de aceite + proteínas, y hacen notar que el contenido de azúcares en semilla madura es correlacionado de manera positiva con el de aceite. En este sentido, también en soya, Hymowitz *et al.* (1972) señalan asociación positiva entre azúcares totales y contenidos de aceite, ambos con correlación negativa con el contenido de proteínas.

En maní, Kim y Hung (1991) encontraron que la fecha de cosecha no afectó la composición química del grano de maní en base seca, excepto en una leve disminución en el contenido de carbohidratos, a medida que la cosecha de los frutos fue más tardía. El contenido de aceite aumenta y el de carbohidratos disminuye a medida que el maní madura.

Se ha afirmado que la reducción en el contenido de aceite, en el grano de maní, sería una característica deseable, para aquellos consumidores que prefieren productos bajos en grasas. Esto podría ser solucionado a través de la selección genética. Al respecto, en la evaluación de 584 accesiones fueron identificadas dos líneas (PI 269723 y PI 315608) de alto y dos de bajo (Robusto 2 y Robusto 3) contenido de aceite, cada par con contenidos de azúcares

inversamente proporcionales. Estudios genéticos identificaron estas líneas como fuente para estudios genéticos y fisiológicos de las relaciones entre aceite-azúcar-almidón en maní (Isleib *et al.*, 2004).

Manivel *et al.* (2000) en genotipos confiteros encontraron rangos entre 4,40 a 9,74% en los contenidos de sacarosa; mientras que los azúcares reductores variaron entre 0,16 y 1,21%. Estos autores señalaron como genotipos promisorios aquellos con bajos azúcares reductores, altos contenidos de sacarosa y bajos tenores de aceite.

Casini *et al.* (2003) reportaron el rendimiento de semilla seca como variable predictiva (negativa) del contenido de azúcares.

En maní fue encontrada correlación positiva entre el contenido de aceite y el tamaño de la semilla y ninguna relación con el peso de la semilla (ICRISAT, 1986).

Por su parte, McMeans *et al.* (1990) encontraron una disminución de los contenidos de azúcares totales con el incremento del tamaño de la semilla. En este sentido, un retraso en el desarrollo de los frutos ha sido asociado con bajas temperaturas a nivel del suelo. Burke *et al.* (2009) señalan una asociación entre bajas temperaturas, las cuales influyen a su vez en el desarrollo de frutos, con un incremento en las concentraciones de sacarosa en el maní.

McMeans *et al.* (1990) indicaron que una disminución en 7 °C en el suelo incrementó la concentración de azúcares en un 40% en la variedad Florunner. También se ha reportado que los contenidos de sacarosa del grano varían con la madurez del maní; los genotipos más tardíos (140 días) tuvieron significativamente más bajos contenidos de sacarosa que los genotipos más tempranos (120 días) en todas las temperaturas por ellos estudiadas.

LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE DEL MANÍ

Las propiedades del aceite de maní vienen determinadas por la composición de sus ácidos grasos. El aceite de maní es único entre los aceites vegetales, contiene ácidos grasos saturados de cadena larga (20-24 carbonos), (Grosso y Guzmán, 1995). Está compuesto principalmente por ácidos grasos insaturados y es consecuentemente susceptible a la oxidación lípida (Ahmed y Young, 1982). Los ácidos oleicos (18:1, monoinsaturado) y linoleico (18:2, poliinsaturado) representan aproximadamente el 80% del perfil de ácidos grasos de maní. Los cultivares estándar o normales de maní promedian alrededor de 55% de ácido oleico y 25% de linoleico (Knauff *et al.*, 1993). Por otra parte, el ácido palmítico (16:0, saturado) constituye del 5 al 10% del total. Los ácidos esteárico (18:0), arachídico (20:0), eicosenoico (20:1), behémico (22:0) y lignocérico (24:0) cada uno contribuye entre el 1 y el 3% del total del perfil de ácidos grasos del grano del maní (Mazzani, 1983; Grosso y Guzmán, 1995).

La composición de los aceites vegetales puede ser cambiada a través de la selección de genotipos, con pocos efectos en las características agronómicas de las plantas (Bruner *et al.*, 2001). Investigadores de la Universidad de Florida descubrieron una variante natural de elevado ácido oleico y con el correspondiente bajo contenido de ácido linoleico (Norden *et al.*, 1987; Holbrook y Stalker, 2003); a excepción de ésta, poca variación es reportada en cuanto a la composición de los ácidos grasos del maní (Dwivedi *et al.*, 1993b). Sin embargo, otros autores encontraron una alta variabilidad en las concentraciones de ácidos grasos en cultivares de maní de composición de aceite normal, habiendo reportado rangos entre 37,94 y 60% para el oleico y entre 18 y 42,47% para el linoleico (Bansal *et al.*, 1993; López *et al.*, 2001; Ajay *et al.*; 2008). Campos *et al.* (2009) encontraron promedios del total de ácidos

grasos saturados e insaturados de 17 y 79%, respectivamente, en seis nuevos cultivares evaluados por ellos.

Berry (1982) con cromatografía líquida de gases en el grano de 16 cultivares de maní encontraron los ácidos palmítico (12,22 a 13,30%), esteárico (3,17 a 3,67%), oleico (37,94 a 41,90%), linoleico (34,59 a 37,91%), arachídico (1,63 a 1,85%), eicosenoico (0,99 a 1,22%), behémico (3,24 a 4,36%) y lignocérico (1,08 a 1,44%), los mismos ácidos grasos encontrados por Abrar (2009) excepto el mirístico.

El interés en la composición de los ácidos grasos en el aceite de maní vino dada inicialmente por su rol en el sabor y en la vida útil del fruto en cáscara (Bruner *et al.*, 2001; Xue, 2004). Los ácidos grasos poliinsaturados, disponibles luego de la hidrólisis de los residuos de acil del acil-glicerol, son esenciales en la dieta de los mamíferos. Sin embargo, éstos ácidos grasos son fácilmente oxidados, degradando su calidad nutricional, presentando sabor y olor desagradables, y tornándose rápidamente rancios. El contenido y la condición de los ácidos grasos poliinsaturados en el aceite es la determinante más importante de calidad (Xue, 2004).

La relación ácido oleico-linoleico ha sido considerada como índice de estabilidad del aceite (Grosso y Guzmán, 1995; Andersen *et al.*, 1998; Xue *et al.*, 2005; Andersen y Gorbet, 2002). El ácido linoleico es menos saturado y menos estable que el ácido oleico, de manera tal que la estabilidad oxidativa, la vida útil y la comercialización del maní y de sus productos derivados pueden ser mejoradas incrementando la relación O/L (Holbrook y Stalker, 2003).

El ácido linoleico es un ácido graso inestable y se ha reportado una relación inversa entre el ácido linoleico y la estabilidad del aceite. La alta relaciones ácidos oleico/linoleico (O/L) en el maní confiere grandes ventajas a la salud de los consumidores y aumenta significativamente los atributos nutricionales (López *et al.*, 2001; Andersen *et al.*, 1998).

Según Isleib *et al.* (2006) el carácter alto oleico parece no tener un importante impacto en los atributos sensoriales, a pesar de haber encontrado instancias individuales en las cuales, el mismo fue asociado con cambios en la intensidad de los atributos que resultan sensibles a los consumidores.

Knauff *et al.* (1993) y Andersen y Gorbet (2002) mencionan que la proporción entre ambos ácidos grasos está directamente relacionada, de manera que la expresión de la relación O/L refleja con precisión el contenido relativo de estos dos ácidos grasos.

La proporción de ácidos grasos poliinsaturados a ácidos grasos saturados en maní ha resultado en 1,8 comparado con 2,9 en aceite de soya, 4,3 en aceite de maíz y 8,7 en alazor (Andersen y Gorbet, 2002). La variación en la relación del ácido oleico:linoleico en los cultivares de maní sembrados actualmente oscila entre 0,8 y 2,5 (López *et al.*, 2001). Genotipos con aceite de relaciones O/L mayores de 2 han sido reportados como promisorios para el maní (Asibuo *et al.*, 2008). Andersen *et al.* (1998) señalan relaciones O/L de 2:1 y 3:1 en cultivares de maní de aceite normal y de 23:1 a 32:1 en líneas alto oleico. Del mismo modo apuntan que el ácido palmítico resultó el doble en líneas normales (9 a 10%) que en las alto oleico (5 a 8%). Estos autores también encontraron en las líneas alto oleico altas proporciones de ácido eicosenoico, y menores cantidades de los ácidos arachídico y behémico en contraste con líneas normales.

Andersen *et al.* (1998) establecieron las relaciones entre el ácido oleico y los demás ácidos grasos utilizando información procedente de 600 genotipos de maní. El ácido oleico resultó inversamente relacionado con los demás ácidos cuantificados a excepción del ácido eicosenoico ($r = 0,36$). La más alta relación inversa fue encontrada entre los ácidos oleicos y linoleico ($r = -0,99$) y para los ácidos oleico y palmítico ($r = -0,95$). Una relación menor e inversa ($r = -0,45$) fue encontrada entre el ácido oleico y los ácidos behémico, arachídico y

esteárico. También fueron correlacionados los ácidos linoleico y eicosenoico ($r = 0,63$), palmítico y y eicosenoico ($r = 0,62$), y esteárico y arachidico ($r = 0,88$). El ácido oleico se ha encontrado inversamente relacionado con el valor de yodo ($r = -0,94$ y $-0,98$) y con el porcentaje de saturación ($r = -0,84$); y la relación de ácidos grasos insaturados a saturados fue positivamente proporcional al ácido oleico (Andersen *et al.*, 1998; Andersen y Gorbet, 2002).

Por su parte, Kim y Hung (1991) citan que el total de contenido de ácidos grasos insaturados aumenta con la madurez. Bansal *et al.* (1993) señalan una significativa variabilidad en la composición de ácidos grasos, indicando una alta influencia de las condiciones ambientales en la misma.

Genotipos de maní con diferente composición de ácidos grasos en sus granos fueron evaluados por tres años consecutivos en cuanto al efecto de la época de siembra. Los años de siembra resultaron altamente significativos para los ocho principales ácidos grasos, valor de yodo (medición de la insaturación o dobles enlaces en el aceite), proporción de ácidos grasos insaturados:saturados y porcentaje de ácidos grasos saturados. A pesar que el análisis por año mostró diferencias altamente significativas entre genotipos, la fecha de siembra influyó la composición del aceite, en dos de los tres años estudiados (Andersen y Gorbet, 2002).

Casini *et al.* (2003) señalan que a través de regresión múltiple las variaciones en la relación O/L fueron explicadas por la temperatura promedio (coeficiente positivo) y por la precipitación (coeficiente negativo).

El déficit hídrico a mediados de ciclo, no tuvo efectos significativos en ninguno de los ácidos grasos, excepto el eicosenoico; pero cuando fue a finales de ciclo redujo significativamente las cantidades de aceite, así como las de los ácidos linoleico y behémico, e incrementó

significativamente las cantidades de los ácidos esteárico y oleico; sin embargo, fue encontrada interacción genotipo x ambiente (Dwivedi *et al.*, 1996).

La composición del aceite de maní ha sido relacionada a las diferentes variedades de maní. Asibuo *et al.* (2008) señalaron a las variedades tipo Virginia con menores contenidos de grasas saturadas que los de tipo Spanish. Los genotipos de la variedad *hypogaea* mostraron mayores contenidos de ácido oleico y de O/L, en promedio, que las variedades de maní *fastigiata*, *aequatoriana* y *peruviana* (Grosso y Guzmán, 1995). De la misma manera, menores relaciones O/L fueron encontradas en cultivares tipo Spanish que en maní Runner o Virginia (Bansal *et al.*, 1993; López *et al.*, 2001).

ELEMENTOS QUÍMICOS

El maní contiene una considerable cantidad de elementos minerales para cubrir los requerimientos dietéticos en los humanos y animales (Asibuo *et al.*, 2008).

Es conocido que los minerales son importantes, no solo para la nutrición humana, sino también para la nutrición de las plantas. Pequeñas y grandes diferencias en el contenido de minerales en los granos de maní, podrían ser debidas a diferencias en las condiciones climáticas, estructura del suelo y temperatura ambiental, durante la maduración de las semillas (Özcan, 2010).

Asibuo *et al.* (2008) señalaron que en el maní las cantidades de micronutrientes fueron significativamente nutricionales, debido a las pequeñas cantidades necesarias para el cuerpo humano; indicaron además que las cantidades de cobre, encontradas en 100 g, de maní son suficientes para satisfacer los requerimientos diarios en humanos (Khalil y Chughatai, 1983).

Diferencias significativas fueron encontradas entre cinco cultivares de maní en En Pakistan cuanto a Na, K, Ca, P y Zn. El tostado del grano disminuyó los contenidos de elementos minerales (excepto Na y Cl), pero incrementó los contenidos de proteínas, aceite, ceniza, fibra, ácido aspártico, serina, ácido glutámico, prolina y contenidos de fenilalanina (Khalil y Chughtai, 1983).

Oupadissakoon *et al.* (1980a) encontraron diferencias altamente significativas entre cultivares de maní del tipo Virginia y entre localidades para los contenidos de calcio del grano, los cuales variaron entre 0,256 a 0,389 mg/100g.

Silva *et al.* (2006) establecieron valores de referencia de calcio, potasio, magnesio, hierro y cobre en varias localidades maniceras de Argentina y no encontraron diferencias significativas entre localidades estudiadas para Mg y Cu. Para la mayoría de los elementos medidos dentro del área agroecológica de cultivo diferenciaron una región homogénea en cuanto a sus niveles de elementos minerales. Señalan contenidos del elemento Ca entre 0,56 a 1,2 mg/g, citando como los más elevados valores de 1,2 mg/g y 0,71 mg/g en maní en dos de los departamentos muestreados.

Asibuo *et al.* (2008) señalaron diferencias altamente significativas para los contenidos de K, Na, Ca y Mg en el grano de 20 cultivares de maní; Además, encontraron variaciones entre 1180 a 1693 mg/100 g de K, entre 19 a 40 mg/100 g de Na, de 44 a 134 mg/100 g de Ca y de 308 a 456 mg/100 g de Mg. Sobre la base de esta variación señalaron la existencia de diversidad para estos atributos deseables para ser usada en programas de mejoramiento de esta especie.

Atasie *et al.* (2009) encontraron en grano de maní los siguientes minerales (mg/100g): K (705,11±0,86), Na (42,00±0,71), P (10,55±0,68), Fe (6,97±1,62), Mg (3,98±0,04), Zn

(3,20±0,11), Ca (2,28±1,94). Reportaron como elementos predominantes el potasio, sodio y fósforo, e indicaron que el alto contenido del primero era esperado y es el más alto en todos los productos nigerianos. Por su parte, Ozcan (2010) en maní cosechado en Turquía señaló variaciones en los contenidos de sodio y fósforo entre 8,67 a 11,61 mg/100 g y 27,70 a 37,84 mg/100 g.

MICROBIOTA EN GRANOS DE MANÍ

El maní está sujeto a contaminación por mohos más que otras especies cultivadas, debido a que sus frutos se desarrollan de forma hipogea y tienen contacto directo con el suelo durante todo su desarrollo, hasta la cosecha (Mazzani, 1989).

La aparición de mohos contaminantes en un sustrato puede ser una importante señal de la presencia de micotoxinas y puede ser usado como método para prevenir la contaminación por toxinas. Bajos niveles de colonización por mohos han presentado también los más bajos niveles de aflatoxinas (Azaizeh *et al.*, 1990). Sin embargo, muchas especies de mohos que colonizan la semilla de maní no producen micotoxinas, pero deterioran la calidad de las mismas y algunas son patógenos del cultivo, siendo importantes en la semilla para la siembra (Mazzani, 1989).

Hanlin (1973) estudiando la distribución de mohos asociados con frutos y semillas de maní, procedentes de la zona manicera del sur este de EE.UU., encontraron 70 géneros y 146 especies de hongos. De ellos siete géneros y 60 especies fueron aisladas por primera vez de frutos de maní, entre los que destacaron Deuteromycetes, Ascomycetes y Phycomycetes.

Análisis de frecuencias de mohos en semillas de maní en Brasil revelaron contaminación con *Aspergillus* spp., *Penicillium*, *Fusarium* (Moraes y Mariotto, 1985; Rossetto, *et al.*, 2005) y

Rhizopus spp. (Moraes y Mariotto, 1985). También en Brasil, Prado *et al.* (1999) encontraron los mohos *Penicillium* spp. (50,0%), *Geothrichum* (50,0%), *Fusarium* spp. (12,5%) y *Cladosporium* (12,5%) en semillas de cuatro genótipos de maní. Mohos del género *Aspergillus* no fueron aislados.

Gonçalez *et al.* (2006) al analizar la micobiota de granos de maní sobre el medio AFPA (*Aspergillus Flavus Parasiticus Agar*) aislaron *Fusarium* spp. (30%), *A. flavus* (14%), *A. terreus* (12%), *Penicillium* spp. (1%), *Curvularia* (0,8 %) y *Beltrania* (0,6 %); en el medio DRBC (Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol) aislaron *Fusarium* spp. (22%), *Penicillium* spp. (8,5%), *A. terreus* (8,5%), *Rhizopus* spp. (7 %), *A. parasiticus* (4,5%), *Curvularia* (1%), *Fusarium verticillioides* (1%), *Mucor* spp. (0,6 %) y *A. niger* (0,5%). La mayor incidencia de *A. flavus* ocurrió en la fase de llenado de grano (44%), seguido a la madurez del fruto (34%) y luego en el fruto seco (8%). El 56% de *A. flavus* aislado durante el llenado de granos no fue aflatoxigénico.

Un total de 14 géneros y 28 especies de hongos fueron aislados de 12 muestras de maní recolectadas en Pakistan. El total de las muestras de grano estaban infestadas por *A. flavus*. Otros hongos encontrados fueron: *Rhizoctonia solani* (17%) y *Alternaria citri* (17%), *Macrophomina phaseolina* (33%) y *Fusarium* spp. (58%) (Rasheed *et al.*, 2004).

Más de dos tercios de los aislamientos de hongos procedentes de frutos de maní cosechados en el estado de Georgia en los EE.UU. fueron Deuteromycetes, seguidos por Basidiomycetes, Zygomycetes y Ascomycetes. Los principales géneros encontrados fueron *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Lasiodiplodia*, *Nigrospora* y *Rhizopus* (Baird, 1993).

En Venezuela, son poco los trabajos que reportan estudios de micobiota en grano y/o semilla de maní. Mazzani (1983) identificó 16 especies de mohos en granos de maní almacenados en

el oriente del país (citado por Mazzani, 1989). Así mismo, Márquez y Mazzani (1985) estudiando 16 genotipos de maní en cuanto a la colonización natural de sus semillas reportaron 12 especies de mohos, predominando los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (citados por Mazzani, 1989).

Mazzani y Layrisse (1992) evaluando la incidencia de mohos en maní bajo diferentes regimenes de humedad encontraron una alta colonización de *A. flavus* y *A. niger*, además de *A. candidus*, *A. ochraceus*, *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. y *Cladosporium* sp.

CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS EN MANÍ

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios, producidos por hongos del género *Aspergillus*, los cuales constituyen una familia de compuestos químicos con estructuras de difuranocumarinas, que son potentes hepatocancerígenos naturales (Pildain *et al.*, 2005). Estas micotoxinas fueron descubiertas en 1960 debido a la mortandad de más de 100.000 pavos ocurrida en Inglaterra, la cual resultó de la contaminación de alimento a base de maní procedente de Brasil (Lancaster *et al.*, 1961 citados por Xue *et al.*, 2005).

Mohos toxigénicos del género *Aspergillus* son capaces de infectar un amplio rango de cultivos incluyendo al maní. La contaminación ocurre cuando los mohos productores de aflatoxinas infectan las plantas o sus productos, bien durante el desarrollo del cultivo o postcosecha (almacenamiento o transporte). Especies toxigénicas de *Aspergillus* incluyen *A. flavus*, *A. parasiticus* y *A. nomius* Kurtzman, Horn & Hesseltine (Xue, 2004).

Aspergillus flavus y *A. parasiticus* son importantes en la colonización y contaminación de cultivos agrícolas. Los cuatro tipos principales de aflatoxinas son B1, B2, G1 y G2. Las aflatoxinas producidas por *A. flavus* son las B1 y B2, mientras que *A. parasiticus* produce dos

aflatoxinas adicionales: la G1 y G2 (Payne, 1998, citado por Xue, 2004). La B1 se considera la más importante de las cuatro por ser la más tóxica (Pildain *et al.*, 2005).

La FDA (Food & Drug Administration) en EE.UU. permite máximos niveles de aflatoxinas de 20 ng/g para productos de maní destinados al consumo humano; la Unión Europea permite solo 3 ng/g de aflatoxinas totales y 2 ng/g de aflatoxina B1 (Whitaker *et al.*, 2005).

Las aflatoxinas tienen un importante impacto en la industria manicera de los EE.UU.. Para ellos es altamente prioritario la reducción de las aflatoxinas en el maní cultivado y vendido en ese país. Los stock de maní que mantienen los productores son divididos en grupos (I, II y III) dependiendo del grado de daños en el fruto y la detección visual de *Aspergillus* (Lamb y Sternitzke, 2001).

La contaminación por aflatoxinas ha sido relacionada con el aspecto de los frutos pequeños y decolorados. En lotes de maní con 1 hasta 783 ng/g de aflatoxinas, mediante la selección de frutos por tamaño y color se clasificó de manera efectiva la contaminación por aflatoxinas entre las varias categorías clasificadas según el tamaño y color. La selección de frutos solo por tamaño concentró la presencia de aflatoxinas en las clases de menores tamaños. El descarte por color en cada clase fue un método efectivo para concentrar los frutos contaminados en las categorías sujetas a rechazo del producto. La concentración de aflatoxinas en frutos de la categoría aceptada fue entre 30 y 60% menor que la de los frutos de una clase por tamaño antes del descarte por color (Whitaker *et al.*, 2005).

En África, el problema de las aflatoxinas es de salud pública, dado que las poblaciones locales pueden consumir grandes cantidades de productos de maní contaminado. En un muestreo realizado en mercados en Uganda, los mayores niveles de aflatoxinas fueron encontrados en granos no escogidos y en harina blanca, mientras que el maní clasificado y la

pasta oscura tostada tuvieron los más bajos niveles, lo que pareciera indicar que la selección y el tostado reducen los niveles de aflatoxinas en el maní (Kaaya *et al.*, 2006).

Pildain *et al.* (2005) señalaron que el conocimiento de las diferencias regionales en cuanto a las características morfológicas y toxigenicidad de las poblaciones de *A. flavus* ayuda a entender la dinámica poblacional. Dicha información puede ser utilizada en la implementación de medidas de control efectivas para reducir la contaminación por aflatoxinas en el campo.

En un periodo de 20 años altos porcentajes de muestras de maní contaminado con aflatoxinas fueron detectados en Sao Paulo, Brasil. No obstante, las tasas de incidencia y los niveles de aflatoxinas variaron año tras año (Sabino *et al.*, 2006).

Cepas toxigénicas de *A. parasiticus* fueron recuperadas de suelo, restos de cosecha y semilla de maní en agroecosistemas maniceros de la provincia de Córdoba en Argentina, indicando una importante fuente de aflatoxinas. Las poblaciones estudiadas mostraron baja diversidad genética (Barros *et al.*, 2006).

Algunos aislamientos de *A. flavus* son capaces de producir ácido ciclopiazónico (ACP) además de aflatoxinas; la presencia de ambas toxinas puede resultar en efectos sinérgicos. Razas de *A. flavus* produciendo aflatoxinas y ACP fueron aisladas en muestras de maní en Argentina (Fernández *et al.*, 2000; Pildain *et al.*, 2005).

OCURRENCIA DE *Aspergillus flavus* Y LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS

La contaminación por aflatoxinas puede ocurrir en frutos y semillas cercanos a la cosecha, durante la cosecha o el secado y curado en postcosecha, en el almacenamiento o transporte.

El ambiente de los trópicos semiáridos favorece la contaminación precosecha mientras, que en áreas húmedas prevalece la contaminación postcosecha (Upadhyaya *et al.*, 2007).

La infección precosecha por *Aspergillus* spp. y los factores ambientales que dan lugar a la colonización, infección de las semillas, de las plantas y la acumulación de aflatoxinas han sido estudiados en detalle (Mehan *et al.*, 1991; Payne, 1998, citado por Xue, 2004; Mazzani, 1997; Horn, 2005; Upadhyaya *et al.*, 2007).

El inóculo inicial de *A. flavus* en el maní se origina en el suelo (Horn, 2005). Las fuentes potenciales de inóculo primario en el campo son esporas en el suelo, micelio que sobrevive de una estación a otra en restos de plantas y desechos en el suelo, insectos y esclerocios en el suelo. Estos últimos se forman en granos dañados antes de la cosecha y se dispersan durante la misma; una vez allí, sobreviven de un ciclo de cultivo a otro. La plagas de cultivos también son fuentes de inóculo primario de *A. flavus* (Mazzani, 1997).

Autores han afirmado que la inoculación y colonización dependen de la población de patógeno en el suelo, de la temperatura y contenido de agua en el suelo (Upadhyaya *et al.*, 2007; Hill *et al.*, 1983; Diener *et al.*, 1987). Las condiciones más importantes que favorecen la invasión precosecha y la contaminación por aflatoxinas en la semilla del maní son la ocurrencia simultánea de muy altas temperaturas del suelo y estrés por sequía en fases tardías del ciclo de cultivo (Upadhyaya *et al.*, 2007). Hill *et al.* (1983) afirman que ni las altas temperaturas, ni la sequía, por si solas pueden inducir altos niveles de contaminación; y explican que en condiciones de altas temperaturas y sequía en la zona de la geocarpósfera, *A. flavus* es capaz de desarrollarse cuando el crecimiento de *A. niger* (y otros microorganismos asociados) ha cesado. La actividad del agua se acerca al mínimo para el crecimiento de *A. flavus* solo a temperaturas cercanas a 35 °C. En estas condiciones, se produce una extensa infestación de frutos inmaduros de maní por *A. flavus* y subsecuente contaminación por

aflatoxinas; en cambio, en suelo con altas temperaturas y humedades *A. niger* crece vigoroso e inhibe la formación o degrada las aflatoxinas producidas por *A. flavus*.

Por otra parte, en otro estudio fue reportada la colonización de semillas de maní por *A. flavus* y *A. niger* en un amplio rango de actividad de agua (0,82–0,98 g de agua/g de peso seco) y temperaturas (15–37 °C). *A. parasiticus* colonizó las semilla de maní a menores temperaturas que *A. flavus* (Horn, 2005).

Orum *et al.* (1999) señalan un aumento en la densidad de propágulos de *A. flavus* en los meses calientes de verano en Arizona, e indican que estos aumentos fueron consistentes con reportes previos. Una correlación positiva entre condiciones secas de final de ciclo y la invasión de semillas de maní por *A. flavus* y la subsecuente contaminación por aflatoxinas ha sido reportada (Diener *et al.*, 1987).

FAO (2004) reporta que los suelos más arcillosos presentan mayor capacidad de retención de agua y, en consecuencia, es menos probable que se produzcan situaciones de déficit hídrico, lo que puede explicar, en parte, que el maní cultivado en estos suelos presente una contaminación por aflatoxinas inferior a la media.

Hill *et al.* (1983) afirman que existen dos tipos claramente diferenciados de contaminación por aflatoxinas en maní sometido a estrés hídrico. Un tipo de contaminación asociada a daños, principalmente por insectos del suelo, la cual causa niveles extremadamente altos de aflatoxinas y la invasión es a través del suelo. El segundo tipo de contaminación es caracterizada por niveles moderados de aflatoxinas (hasta 1000 ng/g), es más uniforme (presente en todas las clases de maní), no se evidencia daño aparente y el modo de invasión no se conoce. Los autores señalan que esta última contaminación es difícil de detectar y de eliminar por métodos físicos.

Así mismo, se ha reportado que variaciones diarias y semanales de los niveles de humedad y de las temperaturas, en los primeros centímetros, del suelo proveen condiciones ideales para el crecimiento de *A. flavus* (Diener *et al.*, 1987).

La baja contaminación por aflatoxinas (0,81 a 5,07 ng/g) encontrada en el grano de 12 genotipos, a pesar de una infestación de *A. flavus* entre 3,3 a 14,7%, fue atribuida a elevados contenidos de humedad del grano 2 días antes de la cosecha (41,7 a 60,4%) y bajos (6,49 y 8,89%) antes del análisis de aflatoxinas, estando éstos por debajo del riesgo de contaminación por aflatoxinas (Rahmianna *et al.*, 2004).

Diversos factores, además de la temperatura, humedad y otras condiciones ambientales del entorno, juegan un papel significativo en determinar la severidad de la contaminación por aflatoxinas en un cultivo o en un lote en particular. Autores han señalado que daños mecánicos y por insectos aumentaron la probabilidad de invasión por *Aspergillus* y la consecuente acumulación de aflatoxinas (Horn, 2005; Upadhyaya *et al.*, 2007).

Dos factores reportados como importantes son la prevalencia de razas productoras de aflatoxinas, en la flora fúngica del cultivo, y su toxigenicidad relativa (Schroeder y Boller, 1973). Horn (2005) señaló que a pesar de haber encontrado bajas densidades de *Aspergillus* sección *Flavi* (< 1%) en el suelo, en relación al número total de mohos filamentosos, el maní fue colonizado preferiblemente por esta especie.

Nagarajan y Bhat (1973) señalan que los resultados, por ellos obtenidos, indican claras diferencias entre especies y variedades en la producción de toxinas. Se ha demostrado que razas de *A. flavus* productoras de aflatoxinas predominan en maní, no solo en presencia de altos porcentajes de población del hongo; sino que las mismas tienden a ser más productoras de toxinas en comparación a las encontradas en otros cultivos. En este sentido, el maní, como

sustrato, ha resultado más favorable para producir aflatoxinas que semillas de otras especies de cultivos como el arroz, la soya y el algodón (Schroeder y Boller, 1973).

Nagarajan y Bhat (1973) consideraron que la variación en la producción de toxinas del hongo estuvo íntimamente relacionada con la inherente capacidad del aislamiento para producir la toxina. Estos autores señalan que la producción de toxinas fue dependiente de la especie de *Aspergillus*; *A. parasiticus* siempre produjo cantidades mayores de toxinas en comparación con *A. flavus*. A pesar de estas variables, las diferencias en la producción de toxinas, atribuibles al genotipo, fueron siempre demostrables.

Por su parte, Kishore *et al.* (2002) encontraron que aislamientos toxigénicos de *A. flavus* en maní difirieron en la cantidad de aflatoxinas producidas. En general, los aislamientos fueron diferentes en cuanto a su potencial para producir los distintos tipos de aflatoxinas, y señalan que la producción también dependió del sustrato disponible y de las condiciones ambientales.

Por su parte, Xue (2004) encontraron interacciones significativas entre genotipos de maní y razas dentro de especies de *Aspergillus*, lo cual sugiere que para la identificación de genotipos de baja y estable contaminación por aflatoxinas podría ser usada una mezcla de varias cepas aflatoxigénicas de *A. flavus* y *A. parasiticus*. Desde el punto de vista de prevención, son buscados genotipos que soporten una mínima producción de toxinas con la mayor cantidad de aislamientos de *A. flavus* y *A. parasiticus* (Nagarajan y Bhat, 1973).

Varios estudios sobre la influencia de *A. niger* en la producción de aflatoxinas han sido conducidos. Este moho normalmente coexiste con *A. flavus* en el campo (Horn, 2005). Joffe (1968) reportó una interacción antagonica entre *A. flavus* y *A. niger* en suelos cultivados con maní. Hill *et al.* (1983) encontraron una mayor incidencia de *A. niger* en condiciones de riego que en época seca, y explican que esto puede haber impedido la contaminación por

aflatoxinas en granos de maní sin daños o heridas. Al respecto, *A. niger*, así como *Trichoderma viride*, fueron encontrados como fuertes antagonistas, los mismos inhibieron el crecimiento de *A. flavus* en un 66 y 87%, respectivamente. Así mismo, una menor cantidad de aflatoxinas B1 fue detectada cuando *A. flavus* creció junto a estos hongos (Aziz y Shahin, 1997).

Horn (2005) señaló que los mohos aflatoxigénicos (*A. flavus* y *A. parasiticus*), presentes en el suelo, comúnmente invaden la semilla de maní durante la maduración, y la mayor concentración de aflatoxinas fueron encontradas en semillas con heridas. Por su parte, Will *et al.* (1994) no encontraron correlaciones significativas entre la concentración de aflatoxinas, el porcentaje de colonización de semillas y frutos, y la densidad de población de *A. flavus* en el suelo, lo cual significa que la presencia del moho en el suelo no es un indicador útil de la producción de aflatoxina. Sin embargo, Mehan *et al.* (1986) señalaron correlación positiva y significativa entre la infección de semilla por *A. flavus* y el contenido de aflatoxinas B1, en maní de cosecha tardía, con una magnitud de $r = 0,76$, $0,56$ y $0,87$, para los tres ciclos de cultivo por ellos evaluados. Estos autores encontraron una marcada mayor incidencia de *A. flavus*, en todos los genotipos, en la época más tardía de cosecha que en los dos muestreos más tempranos. Nahdi (1996) también señala en maní un aumento de la población de *A. flavus* con la maduración del cultivo.

Por su parte, Manda *et al.* (2004) encontraron mayores cantidades de aflatoxinas en frutos juveniles que en maduros, así como correlación positiva entre azúcares, tales como glucosa, fructosa y sacarosa con el total de aflatoxinas. Aparentemente, mohos del género *Aspergillus* utilizan carbohidratos simples, más abundantes en semilla inmaduras, como sustrato en la síntesis de aflatoxinas.

En Brasil, frutos de maní procedentes de cosechas tempranas mostraron una mayor contaminación por aislamientos del grupo de *A. flavus*, pero de menor potencial toxigénico (Rossetto *et al.*, 2005).

Jaime-García y Cotty (2006) encontraron que la incidencia de las razas más toxigénicas de *A. flavus* estuvieron correlacionadas positivamente con el contenido de arcilla y negativamente con el contenido de arena en suelos del Sur de Texas. También Griffin y Garren (1976) señalan que *A. flavus* puede mantener o aumentar su potencial de colonización en restos de cosecha de centeno y frutos de maní y de restos de otras plantas; sin embargo, indican que la textura del suelo pareciera ser más importante que los tipos de tejido para aumentar el potencial de inóculo para la colonización de frutos de maní.

Por su parte, Nahdi (1996) encontraron poblaciones más altas de *A. flavus* en campos en los que el maní había sido cultivado el año anterior, en comparación con aquellos que fueron dejados en barbecho. Así mismo, encontró poblaciones más altas en la zona de fructificación del maní que en los suelos del sembradío.

Will *et al.* (1994) asociaron la inoculación de *A. parasiticus* con una reducida emergencia y supervivencia de plantas. La inoculación de medio orgánico resultó con altos contenidos de aflatoxinas en maní.

No se encontraron diferencias entre genotipos de maní referentes a la infestación de semillas por *A. flavus* y a la contaminación por aflatoxinas, tanto para plantas testigo, como expuestas a inóculo. Los coeficientes de infestación de otros mohos no experimentaron diferencias significativas por adicción de inoculante (Mehan *et al.*, 1988).

En suelos tropicales se han encontrado altas poblaciones de *Aspergillus* spp. de manera natural y con una distribución bastante uniforme (Mazzani y Layrisse, 1990).

La contaminación postcosecha por aflatoxinas es más atribuible a un inadecuado almacenamiento de los frutos y semillas. Las condiciones favorables para una alta incidencia de los mohos toxigénicos, durante el almacenamiento, son altas humedades y temperaturas (Upadhyaya *et al.*, 2007).

INCIDENCIA DE *Aspergillus* spp. Y LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS EN RELACIÓN A GENOTIPOS DE MANÍ

GENOTIPOS DE MANÍ RESISTENTES A LA INFECCIÓN POR *A. flavus* Y CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS

Una de las estrategias para disminuir el riesgo de la contaminación por aflatoxinas es el uso de genotipos con resistencia a la infección por *Aspergillus*. Estos cultivares pueden ser de gran interés para los agricultores y pueden jugar un importante papel en la prevención de contaminación por aflatoxinas y las consecuentes pérdidas económicas y riesgos de salud (Upadhyaya *et al.*, 2007).

La resistencia presente en genotipos de maní ante hongos fitopatógenos (*Cercosporidium personatum* y *Sclerotium rolfsii*) ha sido estudiada para su posible uso en la selección indirecta de resistencia a la colonización a *Aspergillus* y a la contaminación por aflatoxinas. Al respecto, se llegó a la conclusión que los genes de resistencia para estos mohos no eran eficientes para reducir la colonización de *Aspergillus*, ni la contaminación precosecha de aflatoxinas y no puede ser usada para selección indirecta (Holbrook *et al.*, 1997).

Generalmente, cultivares de maní con alto potencial de rendimiento muestran reacción de susceptibilidad a la invasión por *A. flavus* (Kiran *et al.*, 1988; Harish *et al.*, 2005). Líneas de

maní resistentes generalmente presentaron una baja ganancia en peso de semilla con relación al fruto, es decir, bajos porcentajes de almendra. Sin embargo, una moderada resistencia a la invasión a *A. flavus* fue encontrada en líneas de rendimientos comparables a variedades confiteras de alto potencial de rendimiento (Mutant 28-2 y TKG 19A). Dos líneas resistentes resultaron superiores en cuanto al peso de 100 semillas, sobresaliendo para uso confitero. Estos resultados indican la posibilidad de combinar resistencia a *A. flavus* con altos rendimientos en cultivares de maní confiteros (Harish *et al.*, 2005). Sin embargo, para el maní confitero la calidad del grano es considerada más importante que el rendimiento (Kathirvelan y Kalaiselvan, 2006).

En el maní la resistencia a mohos productores de aflatoxinas puede ser de tres tipo: resistencia a la infección del fruto (pared del fruto), resistencia a la invasión y colonización de la semilla (cubierta de la semilla) y resistencia a la producción de aflatoxinas (cotiledones). El hongo tiene que penetrar la pared del fruto y la cubierta de la semilla hasta alcanzar los cotiledones, de los cuales deriva su sustento (Upadhyaya *et al.*, 2007). Fuentes de resistencia de los tres tipos han sido reportadas. Mehan *et al.* (1988) señala que la resistencia a la infección del fruto ha sido atribuida a la estructura de la cáscara, mientras que la resistencia a la invasión de la semilla y colonización ha sido correlacionada con su grosor, densidad de las células en empalizada, ausencia de fisuras y cavidades y presencia de cubierta de cera. No hay certeza del rol de compuestos fenólicos fungistáticos en la resistencia a la colonización del grano.

Así mismo, Shan *et al.* (2006) encontraron que germoplasma de maní con alta resistencia a la infección por *A. flavus* presentó la testa de la semilla con las capas cerosa y epidérmica más gruesas; los genotipos de alta sensibilidad presentaron características inversas. De igual forma, los de mediana resistencia resultaron intermedios.

Los genotipos PI-337409 y PI-337394 F, resistentes a la penetración y colonización por miembros del grupo *A. flavus*, han sido estudiados por Mixon y Rogers (1973), Wilson *et al.* (1977), Mazzani (1989), Mehan *et al.* (1991), Anderson *et al.* (1995), Xue (2004) y Asis *et al.* (2005). Mixon y Rogers (1973) reportaron al cultivar PI-337394 con un 5% de infección por *A. flavus* en muestras de maní cosechadas y desgranadas a mano, con óptima maduración, en cinco evaluaciones independientes durante cuatro años. El cultivar PI-337409 promedió 9% en condiciones similares. Por dos años, y en las mismas condiciones las evaluaciones de dos testigos susceptibles promediaron más de 90% de infección de semillas.

Estos genotipos, junto al J11, han mostrado resistencia estable a la colonización de *A. flavus*. No obstante, cuando se refiere a la contaminación por aflatoxinas, los niveles de resistencia de estos materiales no son muy altos (Anderson *et al.* 1995). En este sentido, un apreciable nivel de aflatoxinas fue encontrado en estos genotipos luego de 9 a 10 días de almacenamiento a 87-95% HR y entre 23 y 26 ° C. La accesión PI-337394 F acumuló aflatoxinas a 80% HR y 23 ° C en 9 días. Los tipos de maní en los que *A. flavus* penetra con dificultad pueden tener ventajas en campo, pero en almacenamiento a altas humedades y temperaturas favorables el hongo causa deterioro (Wilson *et al.*, 1977).

En el mismo sentido, la resistencia a la infección por *Aspergillus* y a la contaminación por aflatoxinas fue estudiada en la cubierta y cotiledones de seis genotipos de maní inoculados con 21 aislamientos de *Aspergillus* de la zona manicera de Argentina. La resistencia fue asociada con la integridad de la cubierta en los cultivares PI-337394, PI-337409, y J11, y la del cultivar PI-337394 fue asociada también a los cotiledones (Asis *et al.*, 2005).

Los mayores niveles de taninos fueron encontrados en la testa de la semilla de maní (23,9-97,2 ng/g tejido) en comparación con los cotiledones (0,17-0,82 ng/g tejido). Extractos de taninos inhibieron significativamente el crecimiento de *A. parasiticus* y redujeron los niveles

de aflatoxinas producidos. En general, no se encontró correlación entre genotipos de maní y la influencia de extractos de taninos en el crecimiento de *A. parasiticus* y la producción de aflatoxinas; sin embargo, en algunos genotipos en particular, como PI-337409 y TX-798736, fueron encontradas correlaciones de 0,93 y 0,85; respectivamente (Azaizeh *et al.*, 1990).

La resistencia a la invasión y colonización de *A. flavus* en semillas maduras rehidratadas ha sido confirmada. Algunos cultivares con resistencia a la colonización de mohos han mostrado resistencia a la invasión por *A. flavus*. No se ha encontrado cultivares con completa resistencia a la producción de aflatoxinas, pero si han sido encontradas diferencias significativas en las cantidades de aflatoxinas producidas en semillas inoculadas con razas toxigénicas de *A. flavus* (Mehan y McDonald, 1984).

Por el contrario, Xue (2004) reportó que algunos genotipos con resistencia a la colonización de semillas por mohos toxigénicos resultaron buenos sustratos para la producción de aflatoxinas, mientras que otros susceptibles a la colonización fúngica no presentaron altos niveles de producción de aflatoxinas. Esta autora señaló que especies *Aspergillus* y las razas tuvieron más efecto en la producción de aflatoxinas que el producido por el genotipo de maní.

Prado *et al.* (1999) estudiando niveles de aflatoxinas B1 en la semilla de cuatro cultivares de maní, natural y sometida a autoclave, encontraron diferencias significativas entre cultivares, indicando las posibilidades de explorar resistencia varietal para el control de aflatoxinas.

COMPOSICIÓN DEL GRANO, ESTRÉS HÍDRICO, INFECCIÓN POR *A. flavus* Y CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS

Shan *et al.* (2006) encontraron que las variedades de maní con mayor resistencia a *A. flavus* tuvieron mayor contenido de ácido oleico y proteínas, y menor contenido de ácido linoleico

y grasa. Los contenidos de ácido palmítico y azúcares totales no mostraron relación positiva con la resistencia a *A. flavus*.

Por otra parte, concentraciones de linoleato en el aceite de semilla de genotipos de maní han sido reportadas para predecir la producción de aflatoxinas (Hershey, 2007; Xue *et al.*, 2005). Usando las concentraciones de ácido grasos como variables independientes, en análisis de regresión múltiple, el linoleato aportó el 39 al 44% de la variación entre líneas para aflatoxinas B1 y B2. El oleato aportó una sustancial variación adicional (27 al 29%). Las líneas con bajo contenido de ácido linoleico consistentemente presentaron mayor contenido de aflatoxinas, mientras que las líneas con contenidos normales a altos de este ácido graso produjeron cantidades variables. Por su parte, el nivel de oleato no afectó el crecimiento, color o desarrollo de colonias de *A. flavus*, pero si influyó significativamente ($p < 0,05$) el contenido de aflatoxinas B1, B2, y totales. A pesar que las concentraciones de ácidos grasos explicaron una significativa proporción de variación genética, los autores señalan que no es práctico su uso para predecir la susceptibilidad a contaminación por aflatoxinas, especialmente para líneas con rango normales de oleato y linoleato (Xue *et al.*, 2005).

En el marco de un proyecto Europeo conducido por el Centro Internacional para la Investigación en el Desarrollo Agrícola (CIRAD), en África, un criterio tomado en cuenta para la tolerancia a las aflatoxinas en maní fue la tasa de madurez de la semilla. Las variedades de ciclo corto, que producen semillas pequeñas y maduran más rápido son más resistentes a las aflatoxinas en el maní. Además, el estrés hídrico al final del ciclo del cultivo interrumpe el metabolismo de los lípidos de los cultivares susceptibles, más que en los cultivares resistentes. Se ha encontrado que la composición de los ácidos grasos difiere dependiendo si el cultivar es o no resistente a aflatoxinas, por lo que se asume como otro parámetro ligado a los mecanismos de resistencia del maní antes de la cosecha. Cinco genes

en términos de resistencia a aflatoxinas han sido identificados. Algunos de ellos están involucrados con el metabolismo de los lípidos. Los resultados sugieren que el maní tiene mecanismos de protección celular para limitar los daños causados por la falta de agua; además, una vez que el agua se encuentra nuevamente disponible, el cultivo tiene mecanismos de reparación. Estudios de expresión de estos cinco genes mostraron que están todos regulados por déficit hídrico. En Senegal, el CIRAD ha puesto a disposición de los agricultores variedades con resistencia al estrés hídrico desarrolladas a partir de padre resistente a aflatoxinas (Hershey, 2007).

En Venezuela, Mazzani y Layrisse (1990) encontraron porcentajes de colonización por *A. flavus* del 4 y 7% en semillas del cultivar PI-337394, y un 10 y 12 % en el cultivar PI-337409 en ensayo bajo riego y con estrés por sequía, respectivamente. Este último genotipo fue considerado con incidencia intermedia junto a Florunner, Florigiant y 15607.

Métodos adecuados para estudios de estrés por agua han sido desarrollados. Aislado los frutos de la zona de la raíz e imponiendo el estrés solo a la región de los ginóforos y frutos, fueron encontrados altos niveles de infección por mohos y también una alta acumulación de aflatoxinas precosecha. Variabilidad entre 11 genotipos estudiados fue observada en cuanto a contaminación por aflatoxinas; sin embargo, ningún genotipo resultó significativamente mejor que los testigos (Anderson *et al.*, 1996).

COLONIZACIÓN DE SEMILLAS *IN VITRO* Y LA INFECCIÓN NATURAL Y LA PRODUCCIÓN DE AFLATOXINAS EN CAMPO

Las relaciones entre la colonización de semillas *in vitro*, la infección natural y la producción de aflatoxinas en campo no están claras. Upadhyaya *et al.* (1997) reportaron que la colonización de semilla *in vitro* y la infección de semilla en campo son dos eventos genéticos

independientes. La mayoría de las líneas probadas por Mehan *et al.* (1988) no mostraron resistencia a la infección de semillas precosecha.

Doscientos setenta genotipos de maní fueron ensayados ante resistencia a la invasión y colonización de *A. flavus*, inoculando artificialmente la semilla con una cepa altamente toxigénica (productora de Aflatoxina B1). De acuerdo a la incidencia del moho, en total fueron identificados cuatro genotipos altamente resistentes (< 15%), 10 moderadamente resistentes (16-30%) y 15 moderadamente susceptibles (30-50%) (Siulin *et al.*, 1996).

Otros estudios *in vitro* para búsqueda de resistencia a la contaminación por aflatoxinas han identificado germoplasma con resistencia precosecha estable bajo diferentes condiciones de laboratorio y estrés por agua. Los autores señalan la importancia de incorporar líneas resistentes a la contaminación por aflatoxinas a programas de mejoramiento genético (Wang *et al.*, 2004).

Por su parte, Xue (2004) señaló que el tipo de resistencia *in vitro* depende que la testa esté completa, y el carácter condicional de este tipo de resistencia limita su utilidad en condiciones de campo. Sin embargo, Mehan *et al.* (1986) encontraron que, para los genotipos utilizados, aquellos que presentaron resistencia a la colonización *in vitro* tuvieron niveles significativamente más bajos de infección natural de semillas, por el hongo, que los genotipos que mostraron susceptibilidad a la colonización *in vitro*. Los autores señalaron que estos resultados indican claramente resistencia en campo a la infección de las semillas por *A. flavus* y otros hongos, en genotipos que poseen resistencia *in vitro*. Los mismos autores señalaron que en laboratorio se determina la capacidad de *A. flavus* de penetrar y colonizar la testa de la semilla; mientras que en el campo, la invasión de semillas por *A. flavus* se ve influenciada por factores como la resistencia de la cáscara y estrés por agua.

MEJORAMIENTO GENÉTICO A LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS

Estimados de heredabilidad entre 56 y 87% han sido obtenidos para la infección precosecha de semilla de maní (Upadhyaya *et al.*, 1997). Por su parte, Xue (2004) a través de una población desarrollada del cruce entre el genotipo resistente PI 290626 con el cultivar susceptible Gregory para estudiar la herencia de la resistencia a la producción de aflatoxinas, obtuvo una varianza genética no aditiva, indicando que la selección en la población será inefectiva en las primeras generaciones segregantes.

Una alta y significativa interacción genotipo x ambiente ha sido reportada para la contaminación por aflatoxinas en maní (Upadhyaya *et al.*, 1997; Nigam *et al.*, 2009). También se ha reportado una alta influencia ambiental en la expresión de la resistencia a la colonización fúngica (Mazzani, 1989). Resultados de estudios han demostrado la necesidad de llevar a cabo ensayos repetidos para la identificación de fuentes de resistencia estables a la colonización de semillas por *A. flavus* (Harish *et al.*, 2005).

A pesar de la significativa interacción genotipo x ambiente, Mehan *et al.* (1991) reportaron algunas accesiones del banco de germoplasma del ICRISAT con consistente resistencia a la infección de semilla por *A. flavus*, tanto en la India como en Senegal. La mayoría de estas líneas también mostraron resistencia a la colonización *in vitro*, mostrándose de especial interés para la resistencia a aflatoxinas.

Recientemente, Nigam *et al.* (2009) señalaron que la genética de los mecanismos de resistencia no está claramente establecida. Además, la relación alélica entre diversas fuentes para cada carácter de resistencia tiene que ser esclarecida para definir mejores estrategias para el mejoramiento de la resistencia a la contaminación por aflatoxinas. Así mismo afirman

que a pesar de los esfuerzos globales, el progreso en el mejoramiento de la resistencia a aflatoxinas ha sido limitado debido al bajo nivel de resistencia de los diferentes componentes de la misma (infección de semillas precosecha y producción de aflatoxinas, y la colonización *in vitro* de semillas de *A. flavus*), al comportamiento variable dada la alta interacción genotipo x ambiente, a la falta de protocolos confiables para la evaluación y al limitado conocimiento de la genética de la resistencia.

Xue (2004) no encontró una fuerte correlación entre la resistencia *in vitro* a la colonización por *A. flavus*, resistencia a la colonización en campo y la contaminación precosecha de aflatoxinas, de manera tal que debería ser posible combinar alta resistencia de cualquiera de éstos tipos, con la producción de aflatoxinas en un solo genotipo.

Nigam *et al.* (2009) afirman que la resistencia genética disponible en combinación con sencillas prácticas de manejo postcosecha pueden ser una opción efectiva para mitigar la infección de semillas por *A. flavus* y la contaminación por aflatoxinas en las explotaciones agrícolas en maní.

MATERIALES Y MÉTODOS

SELECCIÓN DE LOS GENOTIPOS

Los genotipos de maní evaluados sobre la base de características de fruto y semilla, químicas y micotoxicológicas correspondieron a: variedades comerciales, líneas y/o germoplasma promisorios en cuanto a rendimiento y caracteres de fruto y semilla, dos cultivares resistentes y un cultivar susceptible a *A. flavus* de la colección de germoplasma de maní del INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas) y un cultivar de alto contenido de ácido oleico en su aceite

En este sentido, los 10 genotipos fueron: ‘Tamrun 96’ (variedad comercial tipo ‘runner’ de EE.UU.); ‘15607’ (cultivar cubano con buena adaptación en zona productora del oriente del país y con buen comportamiento ante ataque de mohos del género *Aspergillus*); ‘PI-337394’ y ‘PI-337409’ (entradas de la colección de germoplasma reportadas en la literatura como resistentes a *A. flavus*, y utilizadas como testigos resistentes); ‘Spanish 503’, ‘San Martín’, ‘Raleigh Acc. 323’ y ‘5231’ (cultivares seleccionados de la colección por presentar elevados rendimientos y buenos caracteres de frutos y semilla para confitería; y ‘TMV 2’ (testigo susceptible a *A. flavus* según Mehan *et al.*, 1991), ‘OL-01’ (variedad comercial americana de alto contenido de ácido oleico), (Cuadro1).

FECHAS DE SIEMBRA, DISEÑO EXPERIMENTAL Y CONDICIONES DE MANEJO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO

Los 10 genotipos seleccionados fueron sembrados en cuatro ambientes de dos localidades, a saber: en campo de agricultor en la localidad de Carapa y en el campo experimental del INIA-Anzoátegui en El Tigre, Estado Anzoátegui, en fecha 15 de agosto de 2007 y el 05 de

julio de 2008 y en el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) en Maracay, Estado Aragua, sin inoculación con *A. flavus* con fecha de siembra 22 de octubre de 2007 y con inoculación con *A. flavus* con fecha de siembra 01 de agosto de 2008. Las localidades de El Tigre y Carapa fueron seleccionadas por ser zona de siembra del cultivo del maní y Maracay por ser la localidad donde fueron llevados a cabo los experimentos y donde es conservado el banco de germoplasma de la especie en estudio.

El cultivar alto oleico OL-01 fue sembrado solo en los ensayos de El Tigre y Maracay con inoculación. El ensayo del ambiente de Carapa resultó perdido por condiciones de elevado estrés hídrico y ataque de plagas, que mermó el número de plantas; y razón por la cual en ese ambiente se llevó a cabo solamente la evaluación de poblaciones de mohos en el suelo.

El campo experimental del CENIAP está ubicado a 455 metros sobre el nivel del mar, 10°17' LN y 67°37' LO. Los suelos son de textura franco-arenosa. La zona posee una precipitación pluvial media anual de alrededor de 1000 mm y temperaturas medias mensuales de 24 - 26 ° C. De acuerdo a las zonas de vida de Venezuela el clima de la región corresponde a bosque seco tropical (Ewel y Madriz, 1968). Los datos climáticos del período de los ensayos de campo llevados a cabo en esa localidad son presentados en el Anexo 1.

El campo experimental del INIA-Anzoátegui pertenece al bosque seco tropical (Ewel y Madriz, 1968), con una vegetación típica de sabana, presentando una elevación aproximada de 270 metros sobre el nivel del mar, con promedio de precipitación anual de 1.100 mm y una temperatura media anual de 25°C. Son suelos de textura arenosa, desaturados con capacidad de intercambio de baja a muy baja y las arcillas son de tipo caolinítico (Luque y Avilán, 1976). La información del clima del Campo Experimental del INIA Anzoátegui en el lapso del ensayo se muestra en el Anexo 1.

Cuadro 1. Procedencia, tipos comerciales y clasificación botánica de los diez cultivares de maní incluidos en el estudio

CULTIVAR	CRITERIO DE SELECCIÓN	PROCEDENCIA	TIPO COMERCIAL	SUBESPECIE
TAMRUN 96 ⁴	Cultivar comercial sembrado en la zona productora del oriente del país	EE.UU.	RASTRERO	HYPOGAEA
15607	Cultivar probado semicomercialmente en la zona productora del oriente del país, de buen comportamiento ante <i>Aspergillus</i> spp. ²	CUBA	SPANISH	FASTIGIATA
PI-337394	Reportada como resistentes a <i>A. flavus</i> , (testigo resistente) ^{1,2,3}	EE.UU.	VALENCIA	FASTIGIATA
PI-337409	Reportadas como resistentes a <i>A. flavus</i> , (testigo resistente) ^{1,2,3}	EE.UU.	VALENCIA	FASTIGIATA
SPANISH 503	Resistente a viruela tardía, <i>Cercospora arachidicola</i> ⁵	URUGUAY	SPANISH	VULGARIS X FASTIGIATA
SAN MARTIN	Cultivar promisorio para rendimiento y caracteres de frutos y semilla	PERU	VIRGINIA	HYPOGAEA
RALEIGH ACC. 323	Cultivar promisorio para rendimiento y caracteres de frutos y semilla	U.S.A.	VIRGINIA	HYPOGAEA
5231	Cultivar promisorio para rendimiento y caracteres de frutos y semilla	COLOMBIA	VIRGINIA	HYPOGAEA
TMV 2	Testigo susceptible a <i>A. flavus</i> ³	EE.UU.	RASTRERO	HYPOGAEA
OL-01	Cultivar con grano de aceite de alto contenido de ácido oleico	EE.UU.	RASTRERO	HYPOGAEA

Fuentes: 1: Liang *et al.* (2006); 2: Mazzani (1989); 3: Mehan *et al.* (1991); 4: Smith, *et al.* (1998); 5: USDA/ARS (2007).

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela de siembra o unidad experimental constó de 18 m² para cada genotipo, lo que correspondió a 4 hileras de 5 m de largo separadas a una distancia de 0,90 m, para realizar una cosecha efectiva de las 2 hileras centrales de cada parcela. Fueron sembradas 6 plantas por metro lineal para un total de 120 plantas/parcela. El total de parcelas en cada ensayo fue de 30, correspondientes a 10 genotipos en 3 repeticiones.

En El Tigre, Edo. Anzoátegui, debido a la acidez del suelo presente en las sabanas de la Mesa de Guanipa es requerida la práctica de encalado para garantizar el llenado del fruto; 10 días antes de la siembra se encaló en dosis de 1.200 kg/ha. En ambas localidades, el control de plagas y enfermedades se realizó según la aparición y severidad del ataque de las mismas.

La cosecha fue realizada teniendo en cuenta el ciclo de cada material y los primeros signos de madurez del fruto como aumento en la reticulación del exocarpo, cambio del color del mesocarpo de blanco a marrón oscuro, cambio de color de la testa de la semilla de blanco a rosado claro (Sanders, *et al.*, 1982). En este sentido, 10 días antes de cumplirse el ciclo promedio de cada genotipo, se iniciaron muestreos de semilla interdiarios sobre la base de 10 frutos tomados al azar de cada parcela de siembra, sobre los cuales se evaluaron los signos descritos para proceder a la cosecha. Las fechas de cosecha de los materiales en estudio variaron desde 101 hasta 125 dds en El Tigre; 113 a 136 dds en el ambiente de Maracay no inoculado y 110 a 125 dds en el ambiente de Maracay no inoculado.

INOCULACION DE *Aspergillus flavus* EN EL SUELO

El suelo de dos ensayos repetidos, llevados a cabo en El Tigre y Maracay (año 2008), fue inoculado con el aislamiento de *A. flavus* Ospino I B, altamente aflatoxigénico (2500 ng/g), suministrado por el laboratorio de Micotoxicología, Instituto de Química y Tecnología de la

Facultad de Agronomía, U.C.V. y proveniente de maíz de la localidad de Ospino, estado Portuguesa. El aislamiento fue seleccionado por ser altamente aflatoxigénico. *Aspergillus flavus*, además de saprofito, es también oportunista como patógeno, con un amplio rango hospedero específico, prefiriendo al maní (Horn, 2005) y es ampliamente adaptado a diferentes condiciones agroecológicas (Jaime-García y Cotty, 2006). Por otra parte, Cotty y Mellon (2006) señalaron que los hongos que causan la contaminación de un cultivo por aflatoxinas no necesariamente están, primeramente, adaptados a ese cultivo; además, los autores señalan que la rotación maíz-maní agudiza la severidad de aflatoxinas en ambas especies. Orum *et al.* (1997) señalaron que la rotación de cultivos explicó poca de la variación dada por la composición de las cepas. Por las razones expuestas, fue utilizado este aislamiento para la inoculación de los ensayos de campo, aún cuando el mismo procediera de una zona productora de maíz, diferente a donde se sembraran los ensayos, y aislado de ese cultivo.

La inoculación fue llevada a cabo para asegurar la suficiente presencia del moho productor de aflatoxinas en la región de fructificación del maní. El inóculo fue preparado por el método de medio-orgánico (Will *et al.*, 1994) usando como sustrato base maíz partido estéril, previamente acondicionado a 25% de contenido de humedad, el cual fue inoculado con conidios del hongo de 10 días e incubado a temperatura ambiente por tres días (Fig. 1).

De acuerdo a lo recomendado por Holbrook *et al.* (2000) se utilizó 10 ml de inóculo por cada 114 g de maíz. La inoculación se llevó a cabo a los 40 días después de la siembra en fecha 11 de agosto de 2008 en El Tigre y el 08 de septiembre de 2008 en la localidad de Maracay; cuando todos los genotipos presentaron por lo menos el 50% de floración en todas las parcelas de siembra. Cada hilera de siembra fue inoculada con alrededor de 93 g de maíz infestado, arrojando el inóculo en la zona de fructificación de las plantas (Fig. 2).



Figura 1. Preparación del inóculo de *Aspergillus flavus* Link ex Fries, aislamiento toxigénico Ospino I B, a través del método orgánico. A. Raspado del aislamiento de 10 días de sembrado. B. Suspensión de esporas. C. Inoculación del medio orgánico.



Figura 2. Inoculación en ensayos de campo. A) Inóculo de *Aspergillus flavus* Link ex Fries, aislamiento toxigénico Ospino I B a los tres días de incubación. B) Aplicación del inóculo en ensayo de campo. C) Detalle del inóculo en el suelo.

CUANTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA DE MOHOS EN GRANOS

La incidencia total de mohos y de *A. flavus* en los granos de maní, cosechados en los ensayos de campo, fue realizada en el laboratorio de Micotoxicología, Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía, U.C.V. por el método de siembra directa de 100

granos enteros (sin daños mecánicos ni por insectos) de cada genotipo por repetición y localidad.

Los granos fueron previamente desinfectados con hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,5% durante 30 segundos, lavados 5 veces con agua destilada estéril (ADE), secados en placas de Petri con papel filtro estéril y sembrados en medio de cultivo Malta Sal Agar (pH 5,8) a razón de 10-12 granos/placa e incubados a temperatura ambiente durante 7 días.

Después de la incubación, se procedió a evaluar el número de granos de maní colonizados por *A. flavus* con lupa estereoscópica, así como *A. niger*, *A. terreus* y el total de mohos. Fueron tomados como granos colonizados aquellos que presentaron colonias esporulantes del hongo o por lo menos un conidióforo emergiendo del grano. Los resultados fueron expresados como el promedio de los porcentajes de granos colonizados (Mazzani, 1989; Singh *et al.*, 1991).

La escala utilizada para establecer el grado de incidencia de las especies de mohos en particular y de los mohos totales, fue la propuesta por Mazzani (1998) según sea la incidencia: baja (0-15 %), intermedia (16-30 %) y alta (≥ 30 %).

Con el objeto de comprobar las especies de mohos encontradas en los granos de los cultivares, los mismos fueron aislados mediante un raspado superficial de los granos y sembrando la muestra en placas con el medio de cultivo agar Papa-Dextrosa (PDA) adicionándole 100 mg/l de cloranfenicol y 50 mg/l de ampicilina para inhibir bacterias. Las placas fueron colocadas en una incubadora durante 7 días a 27 °C en completa oscuridad. Las colonias se transfirieron a nuevas placas con medio PDA hasta lograr su purificación. Posteriormente, fue realizada la caracterización morfológica macro y microscópica de cada hongo, comparando los resultados con lo reportado por Singh *et al.* (1991).

CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE *Aspergillus flavus* EN EL SUELO

Las poblaciones de las especies de *Aspergillus* presentes en el suelo donde fueron establecidos los ensayos de campo, fueron cuantificadas al momento de la siembra (0 días después de la siembra, dds) y a los 95 días de cultivo (95 días después de la siembra).

En cada ensayo de campo fueron tomadas muestras compuestas de suelo provenientes de la mezcla de seis submuestras recolectadas al azar a una profundidad entre 0 y 10 cm, en las dos hileras centrales de cada parcela de siembra y en cada repetición. Las muestras fueron cernidas con tamiz de malla de 4 mm y mezcladas hasta uniformizar (Mazzani, 1989).

Las poblaciones de *A. flavus*, así como de los demás mohos en el suelo fueron determinadas en el laboratorio de Micotoxicología, Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía, U.C.V., a través del método de contaje en placa. Con las muestras de suelo de las dos localidades en estudio fueron realizadas diluciones seriadas (Warcup, 1955), para lo cual fueron pesados 25 g de suelo y transferidos a 225 ml de agua peptonada al 0,1 % (diluyente) para obtener la dilución 10^{-1} , luego 10 ml de ésta fueron transferidos a 90 ml del mismo diluyente para obtener la dilución 10^{-2} . De ésta última se vertió 1 ml en 9 ml del diluyente para lograr la dilución 10^{-3} , y así sucesivamente hasta alcanzar la dilución 10^{-5} . Cada dilución fue sembrada por incorporación en placas de Petri con medio Dicloran Rosa de Bengala modificado por King *et al.* (1979) denominado Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol. Una vez sembradas las placas de Petri contentivas del medio de cultivo fueron incubadas a temperatura ambiente durante 7 días, al cabo de los cuales fueron cuantificadas las poblaciones de *A. flavus* y de los otros mohos en las placas que tuvieron entre 15 y 150 unidades formadoras de colonias (ufc)/g de suelo.

CUANTIFICACIÓN DE AFLATOXINAS EN LOS GRANOS DE LOS GENOTIPOS BAJO ESTUDIO

Para cuantificar las aflatoxinas se utilizó el método de Cromatografía de Afinidad desarrollado por la empresa VICAM Science Technology, EE.UU. (Hansen, 1993). Fueron utilizadas columnas de afinidad con anticuerpos monoclonales específicos para aflatoxinas. La prueba a utilizar fue Aflatest, con un límite de detección precisa de 2 ng/g. Las determinaciones fueron realizadas en el laboratorio de Micotoxicología, Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía, U.C.V..

La metodología a seguir fue la utilizada por Mazzani (1998) y fue realizada en tres etapas: extracción, cromatografía de afinidad y fluorometría:

Extracción: fue utilizado el grano de cada genotipo en cada repetición y en cada localidad, a razón de 25 g de muestra previamente molida en seco durante 1 min. a alta revolución; luego, mezclada con 5 g de NaCl grado analítico, y licuada con 125 ml de solución de metanol-agua (60%) a alta revolución por 1 min. El NaCl fue utilizado para limpiar la muestra de ceras y grasas para evitar la formación de emulsiones durante la extracción. La suspensión obtenida fue filtrada a través de papel Whatman N° 1. De la suspensión filtrada fue tomada una alícuota de 20 ml a diluir con 20 ml de agua destilada. El extracto fue pasado a través de filtro microfibras, para obtener un filtrado cristalino utilizando papel de microfibras de vidrio.

Cromatografía de afinidad: una alícuota de 5 ml del extracto diluido fue circulada a través de la columna de Aflatest-P, acoplada al sistema de bombeo del equipo, a 1-2 gotas/seg. Sin dejar secar la columna, se realizaron dos lavados de la misma con 10 ml de agua destilada.

Seguidamente, la toxina atrapada en la matriz de anticuerpos, fue eluida con 1 ml de metanol puro grado HPLC hacia un tubo de borosilicato de pequeño calibre. Fue utilizada una

columna para cada muestra, por cuanto al eluir la toxina con metanol queda destruida la matriz de anticuerpos. Con el fin de proceder a la fluometría fueron añadidos los reveladores a compuestos más fluorescentes (1 ml del eluido + 1 ml de solución de bromo 0,02 % para aflatoxinas).

Fluorometría: la cuantificación de la toxina fue realizada indirectamente midiendo la fluorescencia de las muestras. Para ello fue utilizado un Fluorómetro Tor-bex-Fx-100, Serie 4 (VICAM), previamente calibrado antes de cada serie de determinaciones utilizando estándares conocidos de concentraciones de la toxina. Seguidamente el extracto de la muestra (toxina + metanol + revelador) fue introducido al equipo y al cabo de 1 minuto fue realizada la lectura en ng/g.

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE PROTEÍNAS

La cantidad de proteína cruda presentes en los granos de los genotipos en estudio fue determinada según la norma venezolana COVENIN 1195-80 por el método de Kjeldahl (COVENIN, 1980); el cual se basa en la transformación del nitrógeno contenido en la muestra en sulfato de amonio mediante la digestión con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador. El ion amonio obtenido se transforma en medio básico en amoníaco que se destila y valora con una solución de ácido patrón.

Los análisis de proteínas, así como las demás determinaciones químicas (contenido de aceite, perfil de ácidos grasos, azúcares y Ca, Fe, Mg y P) fueron realizados en el laboratorio SEDICOMVET, C.A. ubicado en Maracay, Estado Aragua.

El procedimiento fue el que se describe a continuación. Se colocó 1 g +/- 0,1 mg de la muestra en el tubo de digestion Kjeldahl, y se añadieron 15 g de sulfato de potasio, 5 g de

sulfato de cobre, 10 ml de H₂O₂ y 25 ml de ácido sulfúrico 96%. Se mezcló por rotación, y luego fue colocado en el tubo de digestión, se calentó 15 min. a 80 ° C y 15 min. a 150 ° C. Al estar el líquido transparente, con una coloración azul verdosa, se dejó en ebullición al menos hora y media a 390 ° C. Luego, a llegar a temperatura ambiente se añadió 100 ml de agua disolviendo el sulfato de potasio cristalizado. Para la destilación, en un Erlenmeyer de 250 ml se colocaron 25 ml de ácido bórico (4%) e indicador mixto (Rojo de Metilo-Azul de Metileno). La valoración se hizo hasta la coloración original, violeta, con ácido clorhídrico 0,1 mol/l (0,1 N). Se efectuó prueba en blanco, utilizando 5 ml de agua en vez de la muestra, siguiendo todo el procedimiento (AOAC, 1995). Los resultados se expresaron en % N x factor, utilizando el factor 5,46 recomendado para maní (McWatters *et al.*, 1976).

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE ACEITE Y ÁCIDOS GRASOS

La determinación cuantitativa de aceite y ácidos grasos de la fracción de metil ésteres del aceite fue realizada por métodos estándar de análisis por Cromatografía de Gases acoplado a Detector de Masa, previa derivatización a ésteres volátiles (COVENIN, 2002). Datos de cromatografía más robustos y reproducibles son obtenidos si los ácidos grasos son derivados de los metil ésteres, lo cual requiere la hidrólisis de los triglicéridos y la metilación de los ácidos grasos resultantes.

Fue utilizada la columna DB 23 (fase estacionaria cianopropil, isómeros cis y trans, VF-5ms Varian 30m x 0,25 mm x 0,25 mm. P/N 122-5532). La separación metil ésteres de los ácidos grasos con cianopropilo presenta alta resolución, puede detectar ácidos grasos con mayor insaturación y permite la separación de isómeros cis y trans, debido a una interacción más fuerte con los ciano-dipolos, esto causa que los isómeros trans se arrastren antes que los cis.

Para los análisis, los estándares, fueron adquiridos en mezcla pura de 100 mg de metil ésteres de ácidos grasos de C4 a C24. La mezcla completa fue diluida en 10 ml de hexano, para obtener 0,4 mg/ml.

Preparación de la muestra: 50 mg de muestra fue pesada en un frasco de 20 ml con tapa de rosca. Luego, le fueron añadidos 2 ml de hidróxido de sodio 2N en metanol (8 g/100 ml). Se tapó el frasco y se calentó a 80 °C por 1 hora. Al enfriar, se añadió boro-trifluor en solución 25% metanol. Luego se volvió a calentar de nuevo por una hora a 80 °C. Por último, fueron añadidos 5 ml de agua y 5 ml de hexano, se agitó y se centrifugó para permitir que se separaran las fases, y luego el sobrenadante cristalino se pasó a vial de automuestreo de 2 ml.

Los metil ésteres de los ácidos grasos fueron analizados con cromatógrafo Agilent HP 6890 equipado con detector selectivo de masa 5973.

Las condiciones de operación del cromatógrafo de gases consistieron en las que se indican a continuación. Temperatura del inyector de 250 °C, 0,0 min split1cerrado, 1,25 min split1abierto, flujo del gas de arrastre (helio): 1 ml/min, programa de temperatura del horno: temperatura 1 = 50 °C 1 min, con incremento de 25 °C/min hasta 200 °C; temperatura 2 = 230 °C 18 min, con incremento de 3 °C/min hasta 230. Tiempo total de corrida 30,73 minutos. Fue utilizado un inyector Splitless, con volumen de inyección 1,0 µl. El gas de arrastre fue el helio, a una velocidad de flujo de 35 cm/seg.

La identificación de los ácidos grasos fue realizada por comparación de tiempos de retención de las muestras con patrones de referencia (FAME mix C4 a C24). Los tiempos de retención fueron mantenidos constantes (método RTL) graficando tiempos de retención vs presión. Los resultados fueron expresados en % de Área.

AZÚCARES (GLUCOSA, FRUCTOSA Y SACAROSA)

Una muestra de grano molido de 2 g fue colocada en tubo de ensayo (50 ml) y sometida a tres extracciones de aceite usando 30 ml de solución de hexano:dietil éter (60:10 v/v) en cada una; luego de centrifugado el residuo de maní fue extraído con 30 ml de metanol:cloroformo:agua (60:25:15; v:v:v). A una alícuota de 6 ml en vial (2 x 4,5 cm), se le removió el metanol, y fue liofilizada para ser analizada para azúcares (Oupadissakoon *et al.*, 1980b).

Antes de que el extracto de los carbohidratos alcanzara los 50 ml, fueron añadidos 2 ml de una solución estándar 20 mM de lactosa y 2,5 de celobiosa, para la cuantificación de sacarosa y otros carbohidratos, respectivamente. Fueron pipeteados 5 ml de la mezcla final del extracto a un vial. La solución fue secada ($37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) y rehidratada con 2 ml de agua destilada deionizada y filtrada a vial del auto muestreador de 2 ml; almacenado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ hasta su análisis.

Los azúcares fueron determinados con cromatógrafo Agilent HP 1100 equipado con detector de índice de refracción (IR) (Fig. 3), con columna Zorbax Agilent (aminopropilsilano en reacción con silica Zorbax, Shim Pack CLC-NH de 4,6 ID x 150 mm).

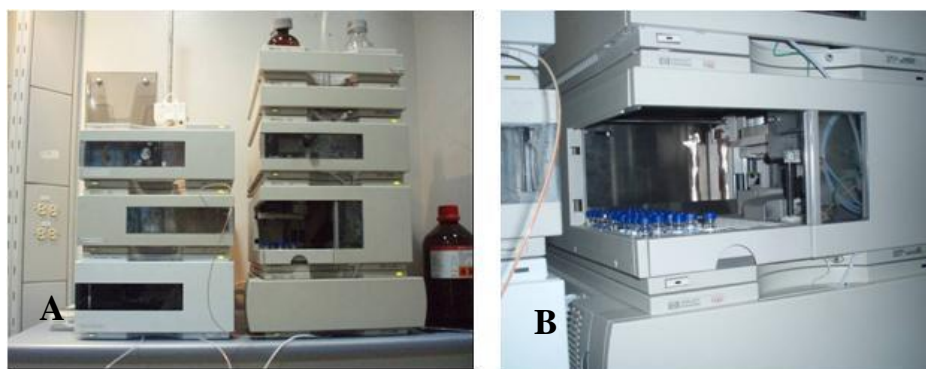


Figura 3. A) Cromatógrafo de líquido HPLC y detectores. B) Detalle del automuestreador cargado con las muestras.

Se inyectó 20 μL de la muestra en un sistema isocrático con fase móvil constituida por acetonitrilo:agua (80:20, v/v), utilizando un filtro de celulosa con poros de 0,45 μm de diámetro. La separación se realizó con flujo de 1,0 ml/min, y tiempo de 15 minutos, con columna a temperatura ambiente, utilizando patrones de fructosa, glucosa y sacarosa (Sigma). Los azúcares individuales fueron identificados por su tiempo de retención en comparación con el estándar de azúcar correspondiente. La cuantificación de azúcares individuales fue calculada utilizando el área del pico. En el Anexo 2 se presenta el cromatograma estándar de las columnas para carbohidratos utilizadas, de las cuales son de interés para nuestros análisis los picos 1 (fructosa), 2 (glucosa) y 3 (sacarosa).

MINERALES Y MICROELEMENTOS

Para la determinación de los elementos químicos en el grano de los cultivares fueron pesados 5 g de semilla pulverizada y sometidos a calentamiento hasta su total carbonización, luego llevados a una estufa con temperaturas entre 500-550 $^{\circ}\text{C}$ hasta obtener cenizas. Las muestras de cenizas (100 mg) fueron tratadas con ácido clorhídrico concentrado (para análisis), filtradas y diluidas con agua destilada y desionizada hasta completar 50 ml, a partir del cual se prepararon las diluciones correspondientes. Al mismo tiempo se elaboró una curva estándar con patrones de sales de alta pureza (Sigma) para la determinación de los cationes: Ca y Mg (% de absorción vs. Concentración en ppm). Para determinar el contenido de Ca, Fe y Mg fue utilizado un equipo de espectrofotometría de Absorción Atómica con Atomización en Llama (Aire/Acetileno). El fósforo se cuantificó con aparato Perkin Elmer Lambda II siguiendo los métodos oficiales de ensayo COVENIN 1178-83 (COVENIN, 1983) midiendo el color azul producido por complejo molibdato fósforo, estable y proporcional a la cantidad de fósforo.

Se procedió a leer la absorbancia de la solución madre en espectrofotómetro de absorción atómica Thermo S Series AA Espectrometric, calibrado a las siguientes longitudes de onda:

620 nm para P

422,7 nm para Ca

285,2 nm para Mg

248,3 nm para Fe

Los resultados fueron expresados en mg del elemento en 100 g de muestra húmeda (mg/100g).

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS PARA CALIDAD CONFITERA

La evaluación de los frutos y semillas de los genotipos estudiados fue realizada sobre cada parcela de cada genotipo y en cada repetición de los ensayos de campo según los Descriptores de Maní publicados por el IBPGR/ICRISAT (1992) y según otros caracteres de importancia agronómica y confitera (Mazzani, 1983). Las descripciones fueron realizadas sobre la base de las siguientes características:

DEL FRUTO

- Largo (en mm) promedio de 10
- Ancho (en mm) promedio de 10 medido en la parte más ancha del fruto
- Uniformidad de tamaño según la desviación estándar del tamaño (largo y ancho)
- Número de semillas (promedio de 50 frutos)

- Constricción (en escala del 0 ninguna a 9 muy profunda)
- Pico (en escala del 0 ausente a 9 muy prominente)
- Reticulación (en escala del 0 ninguna a 9 muy prominente)
- Peso de 100 (g)
- Peso del grano de 100 frutos (g)
- Porcentaje de almendra (%)

DEL GRANO

- Largo (en mm) promedio de 10
- Ancho (en mm) promedio de 10 medido en la parte más ancha
- Uniformidad de tamaño según la desviación estándar del tamaño (largo y ancho)
- Relación ancho/largo
- Peso de 100 (completamente maduras y de aspecto liso)

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa INFOSTAT versión 2008. El análisis de la varianza realizado fue el correspondiente al diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y 10 genotipos como tratamientos, y para cada una de las localidades en estudio.

ANAVAR

Fuentes de variación	gl
Modelo	11
Genotipos	9
Rep.	2
Error	18
Total	29

El análisis de la varianza en combinado para los ensayos de las dos localidades, fue hecho habiendo comprobado la homogeneidad de errores.

ANAVAR COMBINADO

Fuentes de variación	gl
Modelo	23
Localidades	1
Rep (Loc.)	4
Genotipos	9
Localidad x Genotipos	9
Error	36

También fueron realizadas las pruebas de comparación de medias de Tukey para cada localidad y para el análisis en conjunto de las dos localidades. Para aquellas variables que no cumplieron con el supuesto de la normalidad de la varianza se procedió a transformar los datos aplicando la raíz cuadrada de $X + 0,5$.

La relación existente entre las variables estudiadas (incidencia de *A. flavus* en grano, los contenidos de aflatoxinas, características químicas y confiteras de los granos de los genotipos estudiados) fue determinada a través de análisis de correlación de Spearman entre pares de variables y entre todas las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INCIDENCIA DE MOHOS TOTALES, MOHOS DEL GÉNERO *Aspergillus* Y CONTENIDO DE AFLATOXINAS

En las muestras de grano de los 10 genotipos de maní cosechados en las localidades de El Tigre y Maracay fueron encontradas las siguientes especies fúngicas del género *Aspergillus*: *A. flavus*, *A. niger* y *A. terreus*. Con menor incidencia fueron encontradas *A. tamaritii* y *A. ochraceus* colonizando los granos procedentes de ambas localidades. En la localidad de El Tigre fue detectada la especie *A. candidus* no encontrada en los granos cosechados en Maracay. En la Figura 4 son mostradas las colonias de las especies de *Aspergillus* identificadas.

La incidencia de mohos del género *Aspergillus*, mohos totales y contenido de aflatoxinas encontrados en los granos de los cultivares cosechados en los tres ambientes arrojaron elevados coeficientes de variación. Estas variables tampoco mostraron una distribución normal de sus residuos según la prueba de Shapiro Wilks, por lo que se procedió a transformar los datos en raíz cuadrada de $X + 0,5$. La transformación redujo los coeficientes de variación para la incidencia de todas las variables en los tres ambientes de siembra (El Tigre y Maracay, sin y con inoculación), y mejoró los valores del contraste W y los niveles de significación, acercando su distribución a la normalidad y haciendo posible la realización de los análisis de varianza de las siguientes variables: incidencia de mohos totales en Maracay (con inoculación con *A. flavus*), incidencia de *A. flavus* y contenido de aflatoxinas en la localidad de El Tigre, incidencia de *A. flavus*, *A. niger*, mohos totales y contenido de aflatoxinas en el ambiente de Maracay sin inoculación con *A. flavus*.

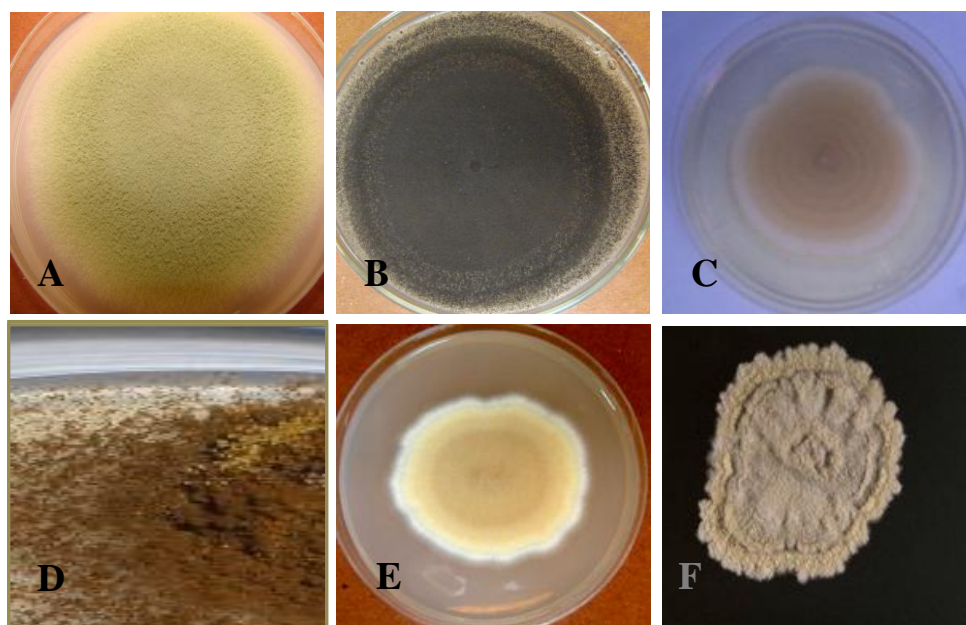


Figura 4. Colonias de especies de *Aspergillus* encontradas en los granos de los genotipos de maní cosechados en las localidades de El Tigre, Estado Anzoátegui y Maracay, Estado Aragua. A) *Aspergillus flavus* Link ex Fries. B) *Aspergillus niger* Van Tieghem. C) *Aspergillus terreus* Thom. D) *Aspergillus tamaris* Kita. E) *Aspergillus ochraceus* Wilhelm. F) *Aspergillus candidus* Link ex Fries.

MOHOS TOTALES

En el grano cosechado en el ambiente de El Tigre el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la incidencia de mohos en los 10 cultivares de maní. Sin embargo, fueron detectadas diferencias significativas entre tratamientos en los dos ambientes de Maracay con 67 y 50% de los granos colonizados en el ensayo sin inoculación (Maracay 1) y con inoculación (Maracay 2) para la incidencia de mohos totales de Maracay a $p < 0,014$ y $p < 0,001$, respectivamente (Cuadro 2). En la Figura 5 se pueden observar algunos de los mohos encontrados en los granos de los cultivares cosechados en la localidad de El Tigre. En esa localidad, el cultivar con menor incidencia de

mohos totales en el grano resultó ser el '15607' con promedio del 12,33% (Cuadro 3) de los granos colonizados, el cultivar con la incidencia más baja de las tres localidades. El mismo cultivar resultó con altos porcentajes de granos colonizados por mohos totales en los dos ambientes de Maracay con 97 y 59,33% de los granos colonizados en el ensayo sin inoculación y con inoculación, respectivamente (Fig. 6).

Por su parte, en la Figura 7 se puede observar algunos de los mohos encontrados en el grano de los cultivares cosechados en el ambiente de siembra de Maracay sin inoculación. En ese ambiente, la prueba de medias (Cuadro 3) arrojó en grupo aparte el cultivar 15607 con 97% de incidencia de mohos totales, otro grupo intermedio de cultivares con incidencias entre 85,67 y 48,67% en promedio de granos colonizados y el tercer grupo con los cultivares Tamrun 96 con 33,67% y el Raleigh Acc.323 con 38,00%, como el de menor incidencia. En El Tigre esos cultivares presentaron 36,00 y 22,33 % de granos infectados, respectivamente.

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para incidencia de mohos totales y especies del género *Aspergillus* (%) y contenido de aflatoxinas (ng/g) del grano de cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en dos ambientes de Maracay (Edo. Aragua).

F de V	LOCALIDAD								
	EL TIGRE			MARACAY 1			MARACAY 2		
	Tratamiento	Error	CV (%)	Tratamiento	Error	CV (%)	Tratamiento	Error	CV (%)
<i>Aspergillus flavus</i>	3,75** (p <0,007)	0,96	30,11	0,68 ns (p <0,456)	0,66	45,35	3,96* (p <0,031)	1,42	45,32
<i>Aspergillus niger</i>	0,64 ns (p <0,684)	0,88	90,28	2,63 * (p <0,019)	0,78	35,11	1,81 ns (p <0,847)	3,54	101,85
<i>Aspergillus terreus</i>	0,12 ns (p <0,392)	0,11	38,37	0,05 ns (p <0,472)	0,05	28,57	0,47 ns (p <0,284)	0,35	52,92
Mohos totales	7,86 ns (p <0,227)	5,3	37,89	7,14 * (p <0,014)	3,17	17,53	4,53** (p <0,001)	0,18	12,32
Aflatoxinas (ng/g)	0,24 ns (p <0,266)	0,18	26,41	1,13 ** (p <0,001)	0,21	21,44	0,64** (p <0,000)	0,07	16,69

Leyenda: Maracay 1: Maracay sin inoculación; Maracay 2: Maracay con inoculación de *Aspergillus flavus*. CV: coeficiente de variación. Los datos fueron transformados en $\sqrt{+ 0,5}$.

Cuadro 3. Comparación de medias para la incidencia de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, mohos totales (%) y contenido de aflatoxinas (ng/g) en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en dos ambientes de Maracay (Edo. Aragua).

LOCALIDAD	CULTIVARES	AF	AN	AT	MT	AFLA
El Tigre	Spanish 503	#### A ¹	9,33 ²	0,00	72,67	1,67
	5231	#### AB	1,00	1,00	67,00	2,67
	San Martín	#### AB	0,00	0,00	62,00	3,33
	Raleigh Acc.323	#### AB	0,33	0,33	22,33	2,67
	PI-337409	#### AB	0,00	0,00	50,67	2,33
	OL-01	#### AB	0,00	1,67	38,67	2,67
	15607	7,00 AB	1,33	0,00	12,33	3,33
	TMV-2	7,00 AB	0,67	0,33	42,00	1,00
	PI-337494	6,67 AB	0,33	0,00	28,33	1,67
	Tamrun 96	1,00 B	0,33	0,33	36,00	0,67
	Prom	####	1,33	0,37	43,20	2,07 B
Maracay 1	Spanish 503	5,67	9,00 AB	0,67	85,67 AB	1,67 C
	San Martín	5,67	2,00 B	0,00	48,67 AB	6,00 ABC
	TMV-2	5,00	#### A	0,00	77,67 AB	1,67 C
	Tamrun 96	3,33	5,67 AB	0,00	33,67 B	7,67 ABC
	PI-337409	2,67	#### AB	0,67	83,00 AB	2,67 BC
	PI-337494	2,33	9,67 AB	0,33	79,33 AB	3,00 BC
	15607	2,00	4,67 AB	0,00	97,00 A	2,00 B
	Raleigh Acc.323	2,00	4,00 AB	0,00	38,00 B	5,00 ABC
	5231	1,00	2,33 B	0,00	59,67 AB	10,33 A
	Prom	4,17	6,80	0,20	64,59	4,37 A
Maracay 2	Spanish 503	####	####	0,67	76,33 A	2,00 BC
	PI-337494	7,67	3,00	0,33	37,67 BC	1,33 BC
	TMV-2	7,33	0,67	1,33	49,00 AB	6,33 A
	OL-01	7,33	0,67	1,00	20,00 C	4,33 AB
	San Martín	6,00	4,33	0,00	47,33 ABC	1,00 C
	15607	5,00	3,00	0,33	59,33 AB	2,67 BC
	Tamrun 96	4,33	2,00	1,00	68,33 AB	0,67 C
	PI-337409	4,00	9,67	4,33	49,67 AB	1,33 BC
	Raleigh Acc.323	3,00	1,67	0,00	34,00 BC	1,00 C
	5231	2,00	####	2,67	54,33 ABC	1,33 BC
	Prom	8,70	5,60	1,17	49,60	1,93 B

Leyenda: Maracay 1: Maracay sin inoculación; Maracay 2: Maracay con inoculación de *Aspergillus flavus*. AF: *Aspergillus flavus*, AN: *Aspergillus niger*, AT: *Aspergillus terreus*, MT: mohos totales, AFLAT: contenido de aflatoxinas, 1: medias con igual letra en la misma columna no presentan diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$), en los promedios indican diferencias entre localidades 2: la no aparición de letras indica no significación al 5% en la prueba de medias; los datos fueron transformados en $\sqrt{X + 0,5}$.



Figura 5. Mohos encontrados en los granos de cultivares de maní cosechados en la localidad de El Tigre, Estado Anzoátegui. A) 15607, B) PI-337409, C) PI-337394, D) Raleigh Acc.323, E) 5231, F) Spanish 503, G) San Martín, H) TMV-2, I) Tamrun 96, J) OL 01.

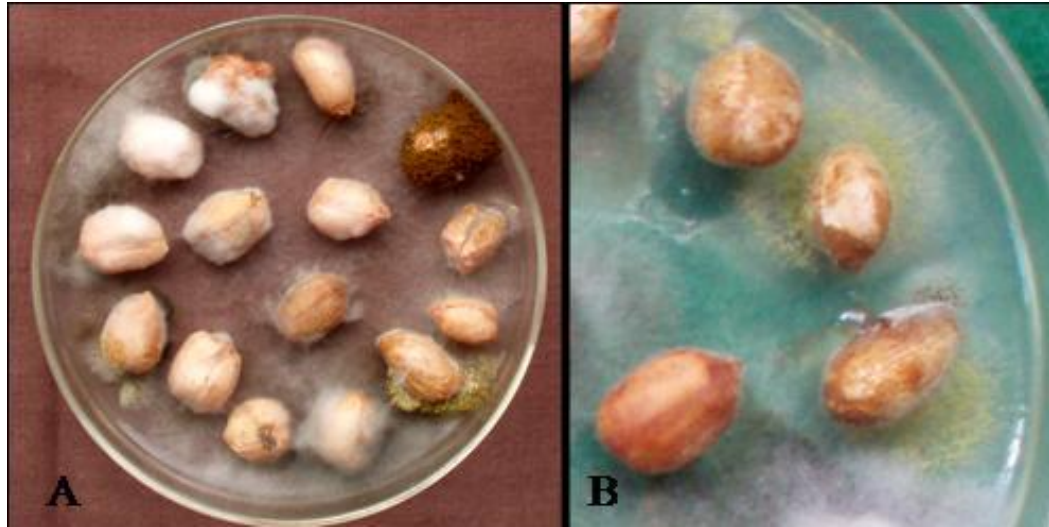


Figura 6. Granos del cultivar 15607 cosechados en los ambientes de siembra de Maracay (Edo. Aragua). A) Sin inoculación. B) Inoculado con *Aspergillus flavus* Link ex Fries, detalle.

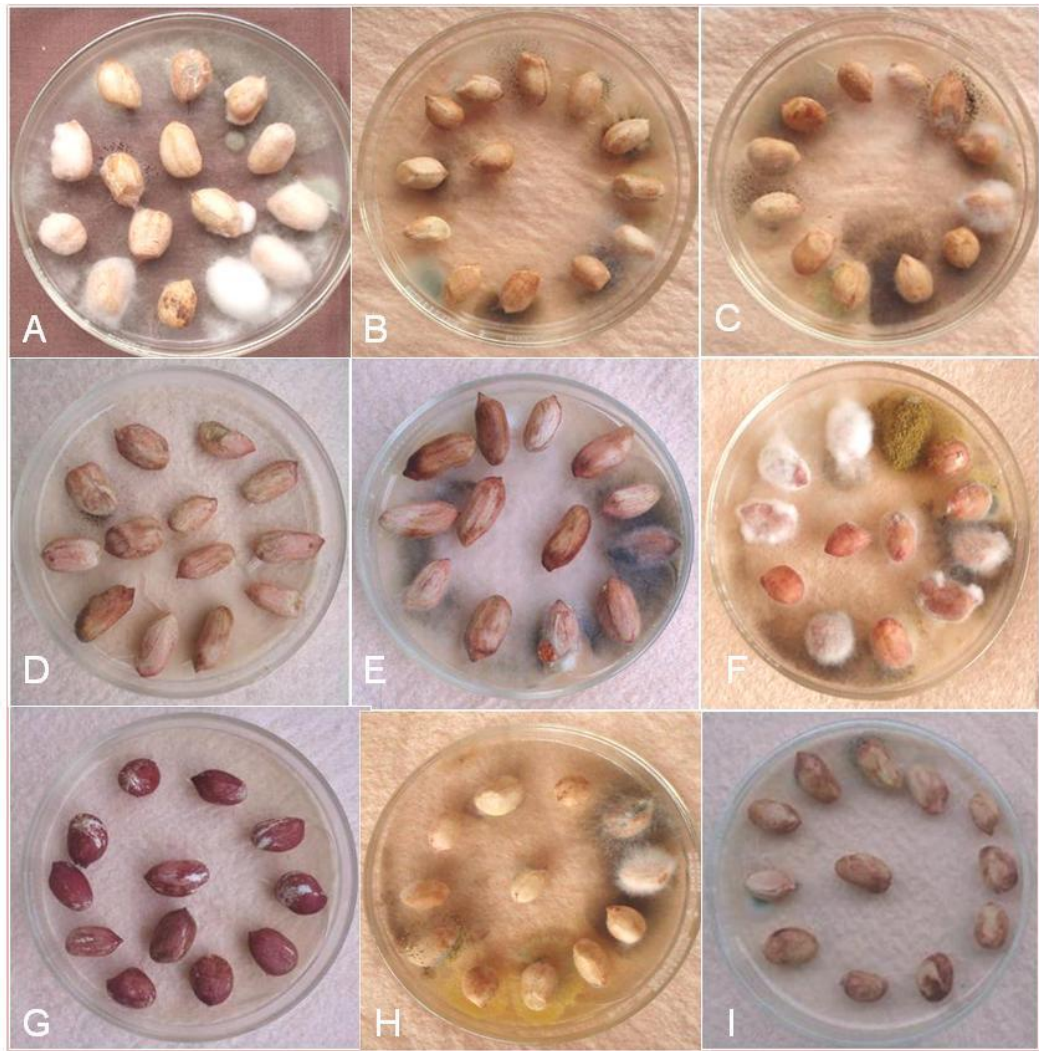


Figura 7. Mohos encontrados en los granos de los cultivares de maní cosechados en la localidad de Maracay, Estado Aragua, ambiente sin inoculación. A) 15607, B) PI-337409, C) PI-337394, D) Raleigh Acc.323, E) 5231, F) Spanish 503, G) San Martín, H) TMV-2, I) Tamrun 96.

En el ambiente de Maracay inoculado con *A. flavus*, la incidencia de mohos totales varió entre 20 y 76,33% (Cuadro 3). En la Figura 8 se puede apreciar la infestación de mohos en los granos de los cultivares cosechados en ese ambiente de estudio.

En ese ambiente, la prueba de medias (Cuadro 3) clasificó cinco grupos de cultivares. El cultivar con la menor incidencia de mohos totales en sus granos fue el alto oleico (OL-01), con incidencia intermedia según la escala (20%). Un grupo intermedio con los cultivares PI-337394 y Raleigh Acc. 324 con incidencia de 37,67 y 34%; otro grupo con el cultivar San Martín con 47% de incidencia, otro grupo de cinco cultivares con incidencias entre 49 y 68%, y el cultivar Spanish 503 como el de mayor incidencia de mohos totales en sus granos con 76%, estos dos últimos grupos con incidencias estadísticamente diferentes del cultivar OL-01 con la menor incidencia. Este mismo cultivar en el ambiente de El Tigre presentó una incidencia de mohos totales de 38,67% de granos infestados.

En la Figura 9 se puede observar las tendencias de los cultivares en cuanto a la incidencia de mohos totales en los granos de los cultivares cosechados en los tres ambientes estudiados.

La relación de los cuadrados medios del error entre las tres localidades permitió la realización del análisis en conjunto (Cuadro 4). Fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

De acuerdo a la prueba de medias (Cuadro 3), el cultivar Spanish 503 resultó con la mayor incidencia de mohos totales con el 76% de granos infestados, siendo diferente estadísticamente de los cultivares Raleigh Acc.323 y OL-01, los cuales presentaron las menores incidencias de mohos totales en sus granos con 31,44 y 29,33%, respectivamente.

De acuerdo al análisis combinado (Cuadro 4) no fueron encontradas diferencias significativas entre los tres ambientes en estudio ($p < 0,114$).

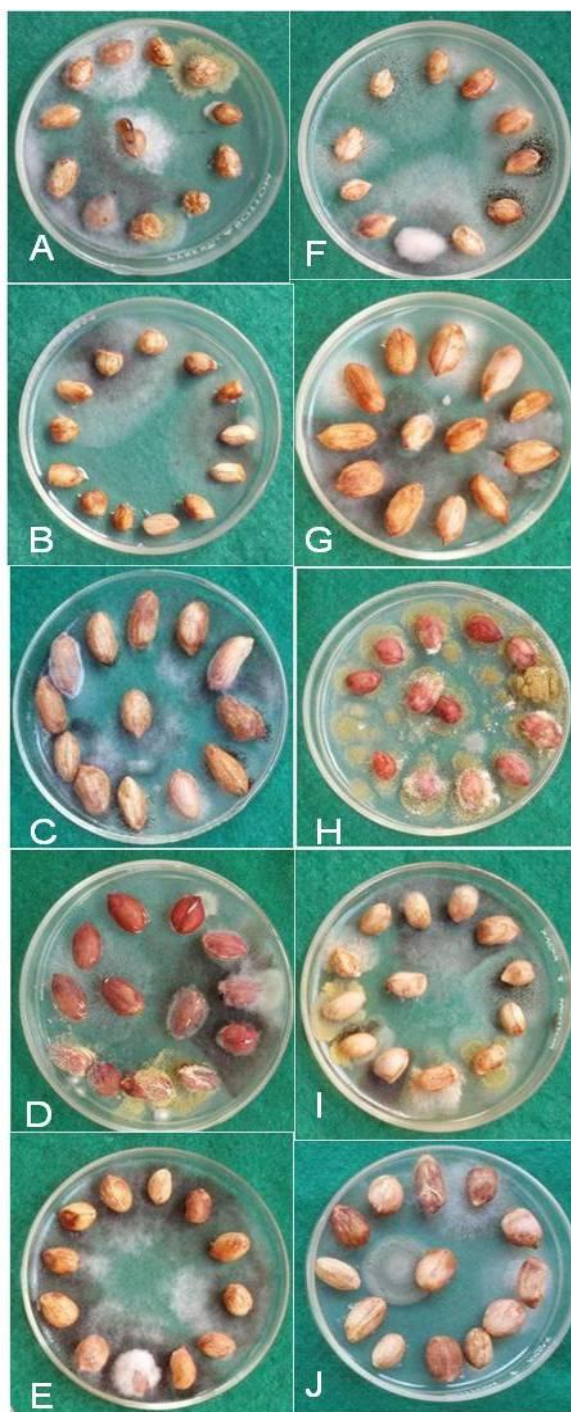


Figura 8. Algunos de los mohos encontrados en los granos de los cultivares de maní cosechados en la localidad de Maracay, Estado Aragua, ambiente con inoculación. A) 15607, B) PI-337409, C) PI-337394, D) Raleigh Acc.323, E) 5231, F) Spanish 503, G) San Martín, H) TMV-2, I) Tamrun 96, J) OL 01.

La incidencia de mohos totales en los granos de los cultivares resultó alta ($\geq 30\%$) con promedio de 52,23%, así como en los tres ambientes en particular. Sin embargo, en la localidad de El Tigre, la incidencia de mohos totales fue menor que en los dos ambientes de Maracay, con promedio de 41,63%. En Maracay el promedio de granos infectados procedentes del ambiente sin inoculación fue de 65,48%; mientras que en el ambiente inoculado la media fue de 49,60%. En este último se observó una alta incidencia de mohos totales, excepto para el cultivar alto oleico (OL-01) que presentó incidencia intermedia (Mazzani, 1989) con una colonización de mohos totales de 20% de los granos infestados.

La interacción localidad x tratamiento resultó estadísticamente significativa ($p < 0,051$), lo cual explica un comportamiento diferencial de los cultivares ante los ambientes en estudio (Fig. 9). Sin embargo, se observa que algunos cultivares mantienen tendencias similares en la incidencia de mohos totales en sus granos, en los diferentes ambientes de siembra, lo cual es más evidente al comparar los dos ambientes de Maracay.

Cuadro 4. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado para la incidencia de mohos y contenido de aflatoxinas del grano de cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en dos ambientes de Maracay (Edo. Aragua).

F de V	gl	AF	AN	AT	MT	AFLAT
LOCALIDAD	2	13,45 ns	15,64 *	0,87 ns	28,34 ns	3,27 *
TRAT	9	3,16 ns	2,31 ns	0,29 ns	7,60 *	0,36 ns
LOCALIDAD*TRAT	17	1,21 ns	1,31 ns	0,19 ns	6,83 *	0,62 *
Error	52	1,98	1,77	0,17	3,79	0,30
Total	86					
CV		57,14	74,86	45,05	28,59	32,83

Leyenda: AF: *Aspergillus flavus*, AN: *Aspergillus niger*, AT: *Aspergillus terreus*, MT: mohos totales, AFLAT: contenido de aflatoxinas, CV: coeficiente de variación. Datos transformados en $\sqrt{+ 0,5}$.

La prueba de medias (Cuadro 3) detectó la formación de tres grupos de cultivares ($p < 0,05$).

El primero conformado por el cultivar Spanish 503, el cual presentó los mayores niveles de

infestación del grano con mohos totales en El Tigre y Maracay (con inoculación) con 72,67 y 76,33%, respectivamente (Fig. 9 y 10). En Maracay (sin inoculación), llegó a 85,67% después del cultivar 15607. El segundo grupo conformado por siete cultivares entre 61 y 44 % de granos infestados para los cultivares PI-337409 y Tamrun 96, respectivamente. Los cultivares OL-01 y Raleigh Acc. 323 tuvieron los menores porcentajes de granos colonizados por mohos totales en promedio en los ambientes estudiados. El alto oleico promedió 29,33% de colonización por mohos totales. Por otra parte, el cultivar Raleigh Acc. 323 se comportó de manera similar en los tres ambientes estudiados, sin embargo, mostró, según la escala, una incidencia intermedia en El Tigre (22,33%), y elevada en los dos ambientes de la localidad de Maracay con 38 y 34 % en el ensayo sin inoculación e inoculado, respectivamente (Fig. 12), con un promedio de 31,44% de granos infestados en las tres localidades.

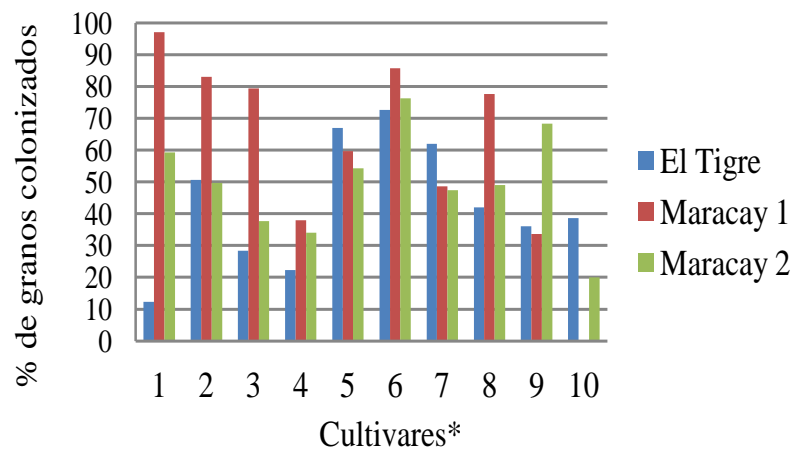


Figura 9. Incidencia de mohos totales en el grano de diez cultivares de maní en tres ambientes de siembra (El Tigre, Maracay 1 sin inoculación y Maracay 2 con inoculación.)

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

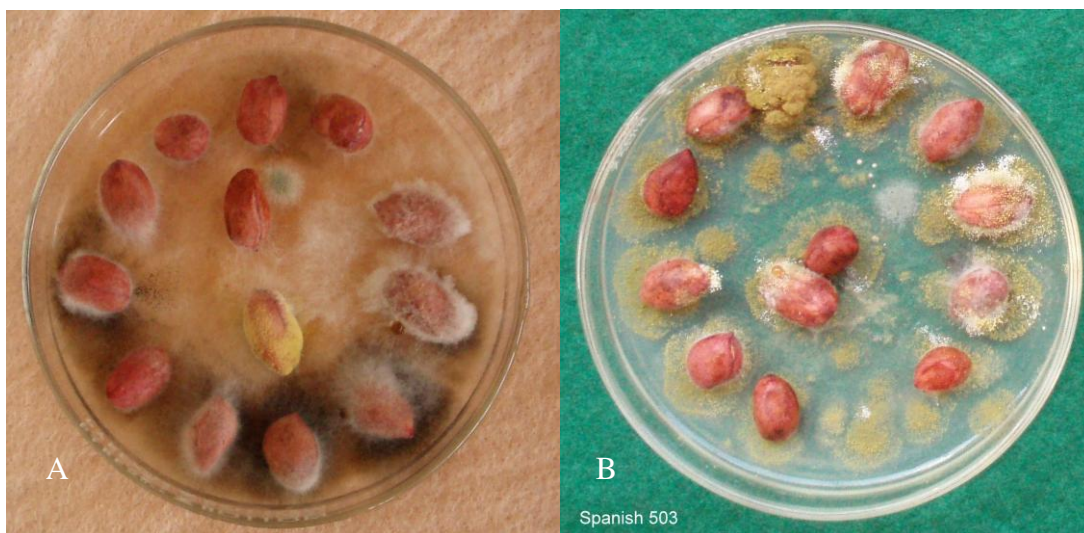


Figura 10. Incidencia de mohos en granos del cultivar Spanish 503: A) Ambiente de Maracay sin inoculación. B) Ambiente de Maracay con inoculación.

Aspergillus flavus Link ex Fries

El análisis de varianza de la incidencia de *A. flavus* en el grano de los 10 cultivares estudiados arrojó diferencias significativas entre tratamientos en la localidad de El Tigre ($p < 0,0075$) y en el ambiente de Maracay con inoculación de *A. flavus* ($p < 0,0307$). Sin embargo, la prueba de medias (Cuadro 3) detectó diferencias significativas ($p < 0,05$) solo en El Tigre. La prueba de medias separa tres clases de cultivares: uno conformado por el cultivar Tamrun 96 con la menor incidencia con solo el 1% de los granos colonizados; un grupo intermedio con 8 cultivares entre 7 y 17% de incidencia y por último el cultivar Spanish 503, con la más alta incidencia (29%), y presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) con el cultivar Tamrun 96 (Cuadro 3). En la Figura 11 se puede apreciar en moho *A. flavus* colonizando granos de los cultivares de maní procedentes de la localidad de El Tigre, principal zona productora de maní en Venezuela.



Figura 11. Detalles de granos cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) colonizados por *Aspergillus flavus* Link ex Fries.

El análisis combinado de la incidencia de *A. flavus* (Cuadro 4) en el grano de los 10 cultivares no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,1402$), ni entre localidades ($p < 0,1778$). La incidencia más baja de este mofo fue hallada en el grano cosechado en Maracay sin inoculación con 3,30%. Como era esperado los granos procedentes de los ensayos con inoculación presentaron una mayor incidencia de *A. flavus*, aún cuando la misma también resultó baja. La mayor incidencia promedio de *A. flavus* fue encontrada en la localidad de El Tigre con solo 11,97% de los granos infestados. También en Maracay, en el ambiente sujeto a inoculación, fue encontrado solo un promedio de 8,70% de los granos

colonizados. En ambos ambientes inoculados la especie de *Aspergillus* más abundante fue *A. flavus*. De acuerdo a la escala del grado de incidencia (Mazzani, 1998), la especie *A. flavus* resultó con baja incidencia (0-15 %) en todos los ambiente bajo estudio. La interacción localidad x tratamiento tampoco resultó significativa.

En la Figura 12 se puede observar la tendencia de los 10 cultivares de maní en cuanto a la incidencia de *A. flavus* en porcentaje de granos colonizados.

El cultivar Tamrun 96, con muy bajas incidencias en todos los ambientes, mostró solo 1, 3 y 4% de granos colonizados en El Tigre, Maracay sin inoculación y con inoculación, respectivamente. La misma tendencia se puede observar con el cultivar Raleigh Acc. 323, el cual presentó las menores incidencias en Maracay, solo 2 y 3% en ambiente no inoculado e inoculado, respectivamente; sin embargo, en El Tigre presentó 14,33% de los granos infestados, la cuarta incidencia más alta en ese ambiente.

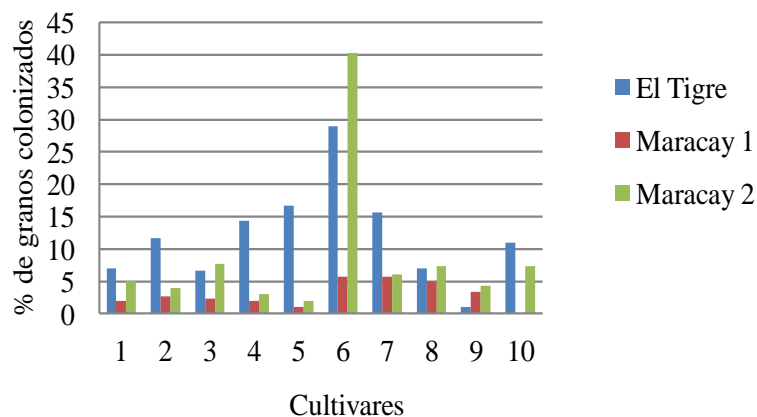


Figura 12. Incidencia de *A. flavus* en el grano de 10 cultivares cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en dos ambientes de Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

El cultivar Spanish 503 tendió a presentar los mayores porcentajes de granos colonizados por *A. flavus* en los tres ambientes bajo estudio, siendo mayor en los dos ambientes sujetos a inoculación con 29,00 y 40,33% en El Tigre y Maracay, respectivamente. La incidencia fue intermedia en El Tigre y alta en Maracay según la escala (Mazzani, 1998). En el grano procedente del ensayo de Maracay, sin inoculación, los porcentajes de granos colonizados con *A. flavus* en ese cultivar fueron también los más altos; pero con promedio de 5,67%, al igual que el cultivar San Martín. Este último resultó el tercero con mayor incidencia (16%) en el Tigre y se ubicó intermedio en Maracay con inoculación con solo 6% de los granos infestados (Fig. 13).

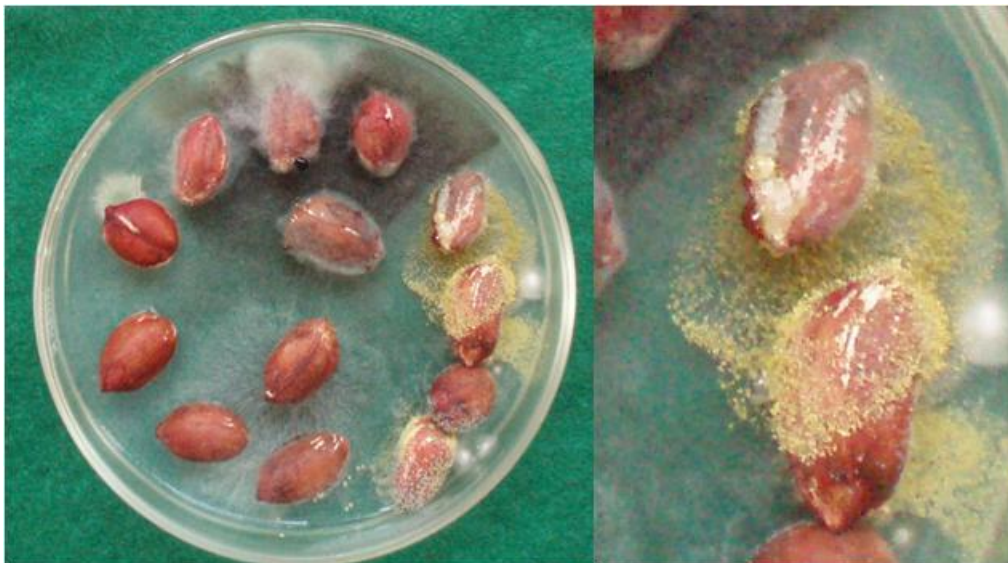


Figura 13. Granos del cultivar San Martín cosechados en Maracay, Edo. Aragua (con inoculación). A) Incidencia de mohos, B) detalle de granos infestados por *Aspergillus flavus* Link ex Fries.

Holbrook *et al.* (1997) tampoco encontraron los mismos patrones de colonización de maní en cáscara y en grano en los mismos materiales probados en Georgia y Arizona. En este último no encontraron diferencias entre genotipos para la colonización. Sugieren que pudo ser dado por diferencias en las variables ambientales (humedad y temperatura) o bien por las diferencias entre las dinámicas poblacionales entre las dos localidades.

En los 10 cultivares en estudio la incidencia de *A. flavus* y la incidencia de mohos totales fueron correlacionadas de manera positiva y significativa ($p < 0,0001$) con $r=0,33$.

Los cultivares PI-337409 y PI-337394, reportados con resistencia a la colonización *in vitro* y natural de *A. flavus*, por presentar en varios estudios una menor infección que genotipos susceptibles (Wilson *et al.*, 1977; Mazzani, 1989; Mehan *et al.*, 1991; Anderson *et al.* 1995; Asis *et al.*, 2005) mostraron, también en este estudio, baja incidencia de acuerdo a la escala (Mazzani, 1989). El primero, en El Tigre presentó en promedio 11,67% de granos colonizados por *A. flavus* y resultó intermedio en el rango de medias. En los dos ambientes de Maracay, presentó solo 2,67 y 4% de granos colonizados, sin y con inoculación, respectivamente. Con respecto al cultivar PI-337394, en El Tigre fue el segundo de menor incidencia con 6,67, luego del cultivar Tamrun 96. El mismo, también resultó con bajas incidencias en Maracay, con 2,33 y 7,67%, respectivamente. El cultivar PI-337409 en estudio realizado por Mazzani (1989), bajo riego y con estrés hídrico, también resultó con la incidencia más alta que el cultivar PI-337394, con 10 y 12%, respectivamente; pero en suelos de Maracay. Así mismo, este autor encontró incidencias de 4 y 7% en granos del cultivar PI-337394, similares a las encontradas en este trabajo. También Mixon (1981) encontró una incidencia de 11% para el cultivar PI-337409.

Mazzani y Layrisse (1990) en condiciones de extremo estrés hídrico, altamente favorables para *A. flavus*, encontraron que el cultivar 15607 fue superado solamente por el testigo

resistente PI-337394 e igualado por PI-337409. En el presente trabajo el cultivar 15607 resultó con menores incidencias que el cultivar PI-337409, tanto en El Tigre como en el ambiente de Maracay sin inoculación, mientras que en Maracay (ambiente inoculado) resultaron iguales. Este cultivar se encontró con una incidencia en El Tigre de 7% de granos colonizados, y de 2 y 5% en los ambientes de Maracay sin inoculación y con inoculación, respectivamente. En el análisis en conjunto resultó con la segunda menor incidencia.

El menor promedio del porcentaje de granos colonizados en los ensayos de campo se obtuvo en la localidad de Maracay, en suelo no inoculado. Esto era esperado, ya que la inoculación del moho en el suelo favorece el incremento de *A. flavus*. Además hubo suficiente humedad en el suelo impidiendo el stress por déficit hídrico favorable para este moho.

Se ha indicado que, generalmente, cultivares de maní con alto potencial de rendimiento muestran reacción de susceptibilidad a la invasión a *A. flavus* (Kiran *et al.*, 1988; Harish *et al.*, 2005). Esto fue cierto para el cultivar San Martín en ambos ambientes sujetos a inoculación, donde presentó los mayores porcentajes de granos colonizados y resultó el cultivar más rendidor en todos los ambientes probados. En la Figura 13 se presenta detalle de la colonización de *A. flavus* en grano de ese cultivar. Por lo contrario, el cultivar OL-01, alto oleico, que mostró altos rendimientos, se encontró con baja incidencia de *A. flavus*, en los dos ambientes inoculados. Los cultivares San Martín y OL-01 presentaron los mayores rendimientos, de acuerdo al análisis en conjunto, con promedios de 2268,7 y 2244,8 g/parcela, respectivamente (Anexo 3).

Por otra parte, tomando en cuenta las muestras individuales evaluadas (N=30), la colonización de granos por *A. flavus* varió de 0 a 56% y de 0 a 96% en los ambientes de El Tigre y Maracay, con inoculación, con promedios de granos infectados por *A. flavus* de

1,87% y 8,20%, respectivamente. En el ambiente de Maracay, sin inoculación, el porcentaje de granos colonizados por este moho varió de 0 hasta 17% con promedio de solo 3,33%.

***Aspergillus niger* Van Tieghem**

En el ambiente de Maracay (sin inoculación), fueron encontradas diferencias significativas ($p > 0,019$) entre los cultivares estudiados para la incidencia de *A. niger* en su grano (Cuadro 2). Esta fue la especie de mayor incidencia en todos los cultivares evaluados, pero con solo 7% promedio de los granos infestados.

La prueba de medias (Cuadro 3) agrupó a los cultivares San Martín y 5231 (2 y 2,33% de los granos colonizados) como los de menor incidencia, con diferencias estadísticas con el cultivar TMV 2, que presentó la mayor incidencia de este moho, con 18% de los granos colonizados, e incluido como testigo susceptible. Otro grupo intermedio comprendió los cultivares Raleigh Acc. 323, 15607, Tamrun 96, Spanish 503, PI 337394 y PI-337409, con incidencias entre 4,67 y 11,33%.

El cultivar Spanish 503 (el de mayor colonización de *A. flavus* en las tres localidades), presentó los mayores porcentajes de granos colonizados con *A. niger* en El Tigre; pero con solo 9,33%, baja incidencia según la escala. En la localidad de Maracay (con inoculación), obtuvo una incidencia intermedia con 15,33% de los granos infestados, luego del cultivar 5231 con el 15,67% de los granos colonizados. Cabe señalar que este cultivar también mostró las mayores incidencias de mohos totales y de *A. flavus*. El cultivar alto oleico, OL 01, presentó una tendencia a los menores porcentajes de granos colonizados por *A. niger* en todos los ambientes probados. En la Figura 14 se presenta detalle de la incidencia de *A. niger* en granos en el cultivar Spanish 503.

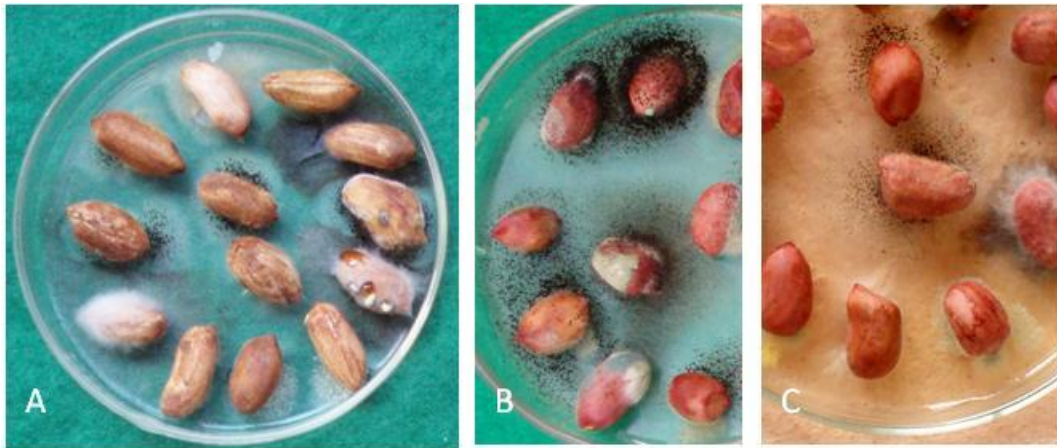


Figura 14. *Aspergillus niger* Van Tieghem colonizando granos. A) Cultivar 5331. B y C) cultivar Spanish 503.

Con el análisis combinado (Cuadro 4) la incidencia de *A. niger* arrojó diferencias significativas entre ambientes ($p < 0,047$) siendo el de El Tigre, el que presentó los valores más bajos con promedio de solo 1,33% de los granos colonizados y el ambiente de Maracay sin inoculación se encontró como el de mayor incidencia con el 6,8% de los granos colonizados (Cuadro 2). Todos los ambientes presentaron baja incidencia de este moho.

La correlación entre la incidencia de *A. niger* y la de mohos totales fue positiva y significativa ($p < 0,0001$), pero de magnitudes intermedias con $r = 0,40$ y $r = 0,36$, sobre la base de datos no transformados y transformados, respectivamente. La incidencia de *A. flavus* en el grano fue correlacionada de manera positiva y significativa con *A. niger* solo en El Tigre y Maracay, ambiente sin inoculación, en un 65% ($p < 0,001$) y 45% ($p < 0,01$) para datos tal cual, y 49% ($p < 0,01$) y 57% ($p < 0,001$) para la raíz cuadrada de la incidencia + 0,5, respectivamente. En la Figura 15 se observa la incidencia de las tres especies de *Aspergillus* presentes en mayor cuantía en el grano de los 10 cultivares de maní, donde destaca la alta incidencia del cultivar Spanish 503 comparado con los demás cultivares en estudio.

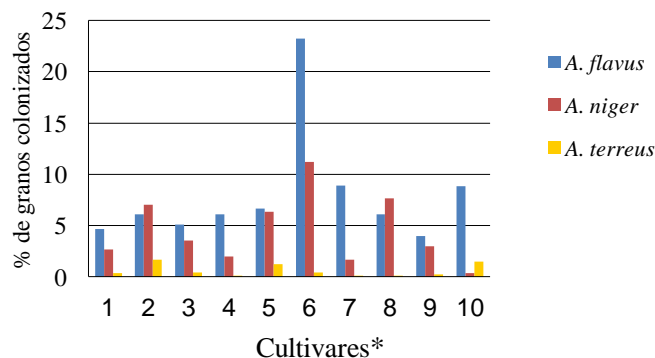


Figura 15. Incidencia promedio de *A. flavus*, *A. niger* y *A. terreus* en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

Tomando en cuenta todas las muestras analizadas en cada localidad, *A. niger* y *A. terreus* presentaron incidencia entre 0 y 28% y 0 y 5%, en El Tigre y entre 0 y 45% y 0 a 10% en Maracay con inoculación, respectivamente. En Maracay, ambiente sin inoculación, su incidencia en muestras individuales varió entre 0 y 24% y entre 0 y 2%, para *A. niger* y *A. terreus*, respectivamente. La especie *A. terreus* fue encontrada con muy baja colonización en los granos de todos los tratamientos y en todos los ambientes en estudio.

CONTENIDO DE AFLATOXINAS

Con el análisis de varianza fueron detectadas diferencias significativas en el grano de los cultivares bajo estudio solo en los dos ambientes de Maracay (Cuadro 2). En el ambiente sin inoculación, la prueba de medias detectó cinco grupos de cultivares para el contenido de aflatoxinas. El primer grupo de dos cultivares (Spanish 503 y TMV-2) con los contenidos más bajos (1,67 ng/g), le sigue el cultivar 15607 con 2 ng/g, otro grupo con los cultivares PI-

337409 y PI-337394 con 2,67 y 3 ng/g. Otro grupo de cultivares (Raleigh Acc.323, San Martín y Tamrun 96) intermedios con de 5 a 7,67 ng/g, y por último, con diferencias significativas al 5%, se presenta el cultivar 5231 con 10,33 ng/g de aflatoxinas.

En el ambiente de la localidad de Maracay bajo inoculación, la prueba de medias para el contenido de aflatoxinas mostró cuatro grupos de cultivares: el cultivar TMV-2 con el mayor valor con 6,33 ng/g; le sigue OL-01 con 4,33 ng/g en grupo aparte; otro grupo intermedio de cinco cultivares con rangos entre 2,67 ng/g 1,33 ng/g y un grupo con tres cultivares (Tamrun, San Martín y Raleigh Acc.323) con menos de 1 ng/g.

En El Tigre los cultivares de mayores valores de contenidos de aflatoxinas fueron los cultivares San Martín y 15607 con 3,33 ng/g en promedio y el cultivar Tamrun 96 con el más bajo contenido con 0,67 ng/g, aún cuando no se detectaron diferencias significativas en esa localidad.

El contenido de aflatoxinas en el grano de los diez cultivares cosechados en los tres ambientes estudiados resultó bajo. Las aflatoxinas fueron detectadas en un 90, 97 y 74% de las muestras de grano analizadas procedentes de los ambientes de El Tigre y Maracay con inoculación y Maracay sin inoculación con *A. flavus*, respectivamente.

En determinaciones de muestras individuales el cultivar 5231 presentó 14 y 12 ng/g en el ambiente de Maracay no inoculado, y un promedio de las tres repeticiones de 10,33 ng/g. Por otra parte, el testigo susceptible TMV-2 presentó 13 ng/g en una de las determinaciones realizadas en el ambiente de Maracay, sujeto a inoculación, con promedió de 6,33 ng/g (Cuadro 3).

El análisis en conjunto (Cuadro 4) detectó diferencias significativas entre localidades ($p < 0,0270$) y para la interacción localidad x tratamiento ($p < 0,0123$). El grano de los cultivares

cosechados en Maracay sin inoculación, presentó los mayores contenidos de aflatoxinas, 4,37 ng/g, estadísticamente diferente a los otros dos ambientes, con 2,07 y 1,93 ng/g de El Tigre y Maracay con inoculación, respectivamente (Cuadro 2). En la Figura 16 se puede reflejar el comportamiento diferente de algunos cultivares en los tres ambientes de siembra, destacan los cultivares 5231, Tamrun 96 y TMV-2, con la mayor interacción cultivar x ambiente.

A pesar de no haber diferencias significativas entre tratamientos, en promedio de las tres localidades el cultivar alto oleico (OL-01) presentó 3,17 ng/g y fue el tercero más alto, luego de los cultivares 5231 (4,56 ng/g) y San Martín (3,22 ng/g). El cultivar 5231, sin embargo, mostró de los más bajos valores (ng/g) en los ambientes inoculados.

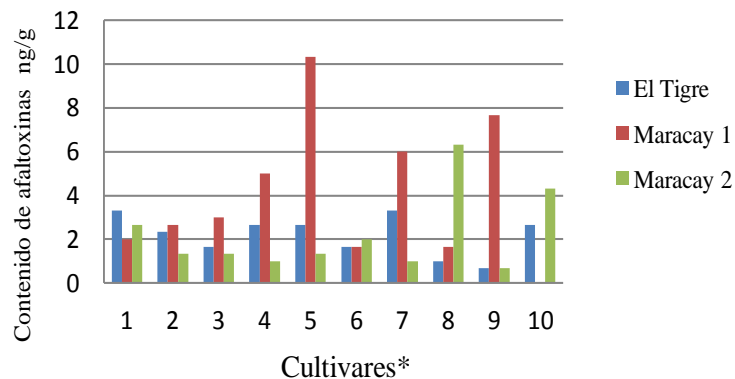


Figura 16. Contenido de aflatoxinas en el grano de diez cultivares de maní cosechado en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en dos ambientes de Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

Se observó una tendencia del cultivar OL-01 (alto oleico) en presentar elevados contenidos de aflatoxinas, en concordancia con Xue (2004) y Xue *et al.* (2005) quienes encontraron mayor producción de aflatoxinas en los genotipos alto oleico que en los de aceite normal. Por su parte, los cultivares San Martín y 5231 con los menores contenidos de linoleato tendieron a contenidos de aflatoxinas de los más altos, en dos de los ambientes probados. Xue (2004) encontró que líneas de bajo linoleato consistentemente presentaron más aflatoxinas, mientras que líneas de alto a normal proporción de linoleato presentaban cantidades variables de aflatoxinas.

En general, los cultivares con mayores incidencia de *A. flavus* en los ambientes sujetos a inoculación no fueron los que presentaron los mayores contenidos de aflatoxinas en sus granos. Esto puede indicar que la(s) cepa(s) de *A. flavus* que se consiguió colonizando el grano de los cultivares no era toxigenica, a pesar de la inoculación con el aislamiento Ospino I B. Esta situación puede haber sido debida a condiciones climáticas adversas en los ambientes de siembra (Anexo 1) que influyeran en la cepa de inoculación; o bien a alguna interacción de la misma con poblaciones de patógenos naturales de los suelos de los ensayos que afectara la población y toxicidad de la misma. Posiblemente, también influyó que el aislamiento no fue inicialmente obtenido de maní, ni de la zona de siembra de los ensayos. Sin embargo, la incidencia de *Aspergillus flavus* en los granos de los cultivares fue baja en la escala de evaluación.

En el mismo sentido, Xue (2004) señala que la inoculación y la colonización son dependientes de la población de patógenos en el suelo, de la temperatura y de los contenidos de humedad del suelo. La invasión de *A. flavus* a granos de maní y su subsecuente producción de aflatoxinas fue grandemente dependiente de la temperatura del suelo y los niveles de humedad 30 a 40 días antes de la cosecha (Hill *et al.*, 1983). Kishore *et al.* (2002)

señalaron que aparte de la sequía en las últimas etapas, otros factores como el tipo de suelo, el cultivar, el tamaño de la semilla, el período de muestreo, entre otros, afectan los niveles de contaminación por aflatoxinas.

Kishore *et al.* (2002), en muestras de maní recolectadas en la India, encontraron que el 34% estaba contaminada por cepas toxigénicas de *A. flavus*; sin embargo, detectaron aflatoxinas en solo el 18% de las mismas. En un estudio similar, Sanders *et al.* (1982) observaron altas poblaciones de *A. flavus* sin la producción de aflatoxinas.

Por esto, se ha señalado que la invasión, crecimiento y toxigenicidad son procesos separados, o al menos, regulados de diferentes maneras, y que la toxicidad requiere un más estrecho rango de condiciones de humedad y temperaturas para su expresión. También indican que el grado en el que el hongo crece en tejido sano varía ampliamente entre repeticiones y entre aislamientos del hongo (Kishore *et al.*, 2002). Xue (2004) observó que los bajos niveles de aflatoxinas fueron por un pobre desarrollo del hongo.

Por otra parte, se ha encontrado que la falta de relación entre la habilidad de producir aflatoxinas y la virulencia a cultivos lleva a sugerir que cepas atoxigénicas podrían ser capaces de competir con productores de aflatoxinas en ambiente de cultivo y durante la colonización del cultivo y, como resultado, excluir competitivamente los productores de aflatoxinas y reducir la contaminación por aflatoxinas (Cotty, 1990).

Las poblaciones naturales de *A. flavus* en el suelo (0 dds) fueron suficientes para la colonización de frutos y semillas de los materiales en estudio. Poblaciones de 1 hasta 57 propágulos/g de suelo fueron señaladas como suficientemente altas para permitir la colonización de frutos en suelos de siembra de maní tipo Virginia (Griffin y Garren, 1976).

Por su parte, Hill *et al.* (1983), estudiando la colonización de *A. flavus* y la concentración de aflatoxinas en granos de maní, encontraron contaminación con aflatoxinas cuando la relación

de *A. flavus* : *A. niger* fue > 19:1; y por el contrario, cuando esta relación fue < 9:1 la misma fue nula. En todas las localidades del presente estudio la relación *A. flavus* : *A. niger* fue menor que 9:1, siendo bajo el contenido de aflatoxinas en todos los casos. Sin embargo, las aflatoxinas resultaron mayores en los granos cosechados en el ambiente de Maracay sin inoculación con *A. flavus*. En ese ambiente, como se señaló anteriormente, fueron encontrados el menor número de muestras con aflatoxinas (74%), así como la menor relación *A. flavus* : *A. niger*; sin embargo, tomando en cuenta el promedio del contenido de aflatoxinas por localidad, fue allí donde se encontraron los mayores contenidos de aflatoxinas.

Solo en la localidad de Maracay en el ambiente sin inoculación se encontró una correlación positiva ($r=0,43$) y significativa ($p < 0,03$) entre la incidencia de *A. flavus* y *A. niger*, a la vez que resultó negativa su correlación con el contenido de aflatoxinas en una magnitud de $r=0,34$ ($p < 0,01$) y $0,52$ ($p < 0,01$), respectivamente (Anexo 4). Al parecer, en este ambiente sin inoculación con *A. flavus*, a mayor incidencia de éste, mayor incidencia de *A. niger*, con impacto negativo en la producción de aflatoxinas. En este ambiente se presentó una relación entre las incidencia de ambos mohos en 1:2.

El genotipo Spanish 503 presentó los más bajos niveles de aflatoxinas en los tres ambientes a pesar de haber obtenido la más alta infestación de su grano por *A. flavus*, así como también por mohos totales y *A. niger*, pudiendo este último haber afectado la producción de la toxina (Hill *et al.*, 1983).

En la Figura 17 se puede notar el comportamiento, en cinco de los genotipos estudiados, de presentar mayor incidencia de *A. niger* y bajos contenidos de aflatoxinas. Klich (2007) reporta diversos estudios donde se señala la influencia de *A. niger* en la producción de aflatoxinas, debido a que generalmente coexiste con *A. flavus* en el campo; señala varios

ejemplos de inhibición de producción de aflatoxinas por *A. flavus* como por *A. parasiticus* en varios medios incluyendo maíz estéril.

Mehan y McDonald (1984) no encontraron una relación directa a la resistencia *in vitro* y la cantidad de aflatoxinas producidas cuando la semilla fue colonizada por cepas aflatoxigénicas. Algunos genotipos resistentes a la colonización por razas aflatoxigénicas de hongos son buenos sustratos para la producción de aflatoxinas, mientras que otros que son susceptibles a la colonización del hongo no conllevan altos niveles de aflatoxinas (Mehan *et al.*, 1988; Xue, 2004). Mehan *et al.* (1988), en nueve genotipos de maní, reportaron que cepas de *A. flavus* diferían significativamente la una de la otra en su habilidad de colonizar e internamente infectar la semilla para producir aflatoxinas y sus resultados indicaron una fuerte interacción entre genotipos de maní y razas de *A. flavus* para la producción de aflatoxinas.

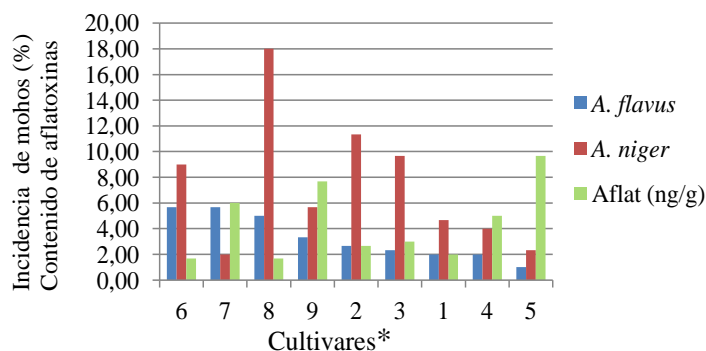


Figura 17. Incidencia de *A. flavus*, *A. niger* y contenido de aflatoxinas en el grano cosechado en el ambiente de Maracay (Edo. Aragua), sin inoculación.

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01. Aflatoxinas (ng/g): contenido de aflatoxinas.

POBLACIONES DE MOHOS DEL GÉNERO *Aspergillus* EN EL SUELO

La densidad de los mohos encontrados en las muestras de suelo de los 4 ensayos bajo estudio fue variable (Cuadro 5), posiblemente, debido a las diferentes localidades probadas y las diferentes épocas de muestreo del suelo de los ensayos de campo, tal como lo señalan también Horn y Dorner (2002) y FAO (2004).

En el suelo del ensayo de la localidad de Carapa, Edo. Anzoátegui, año 2007, en el muestreo realizado a la siembra fueron encontradas poblaciones naturales de *A. flavus*, *A. ochraceus* y otras especies de *Aspergillus*. Por otra parte, 95 dds, sin aplicar inoculación artificial, fueron encontradas las especies *A. flavus*, *A. terreus* y *A. niger*, además de *Curvularia* spp.; las tres últimas especies no fueron detectadas en el primer muestreo, a la siembra del ensayo. Esta localidad correspondió a un lote de sabana virgen nunca antes sembrado.

En Carapa, el promedio de mohos totales en las 27 muestras analizadas a la siembra fue de 18070,37 ufc/g (unidades formadoras de colonias/g) de suelo, con rangos de 2000 a 49000 ufc/g de suelo. La incidencia de mohos totales aumentó a 32844,44 ufc/g de suelo promedio en las muestras recolectadas a los 95 dds, con variaciones entre 3600 a 86000 ufc/g de suelo. El aumento de la población de mohos totales en el muestreo a los 95 dds fue evidente en todas las muestras de suelo individuales analizadas.

La especie *A. flavus* a la siembra del ensayo de Carapa fue encontrada en el 92,59% de las muestras analizadas, con promedio de 2029,63 ufc/g de suelo, y entre rangos de 0 a 11000 ufc/g de suelo. La incidencia de este moho disminuyó casi a la nulidad (14,81 ufc/g de suelo) en el muestreo realizado a los 95 días de sembrado el ensayo (Fig. 18), estando presente en solo 4 de las 27 muestras de suelo analizadas.

Cuadro 5. Población de mohos totales y de especies de *Aspergillus* encontradas en el suelo de los ensayos sembrados en cuatro ambientes a la siembra (0 dds) y 95 días después de la siembra (95 dds), expresados en ufc/g.

LOCALIDAD	Variable	Media	D.E.	CV (%)	Mín	Máx
Carapa	Mohos totales 0 DDS	18070,37	16434,43	90,95	2000	49000
	<i>A. flavus</i> 0 DDS	2029,63	2764,86	136,23	0	11000
	<i>A. niger</i> 0 DDS	0	0	sd	0	0
	<i>A. terreus</i> 0 DDS	0	0	sd	0	0
	Mohos totales 95 DDS	32844,44	27400,15	83,42	3600	86000
	<i>A. flavus</i> 95 DDS	14,81	36,2	244,36	0	100
	<i>A. niger</i> 95 DDS	37,04	192,45	519,62	0	1000
	<i>A. terreus</i> 95 DDS	362,96	723,32	199,28	0	2000
El Tigre	Mohos totales 0 DDS	5053	4649,51	92,01	790	29000
	<i>A. flavus</i> 0 DDS	1103,33	1486,83	134,76	200	8000
	<i>A. niger</i> 0 DDS	118	131,68	111,6	0	450
	<i>A. terreus</i> 0 DDS	1033,33	1067,25	103,28	0	5000
	Mohos totales 95 DDS	11946,67	17511,72	146,58	3900	74000
	<i>A. flavus</i> 95 DDS	4426,67	4978,71	112,47	1000	24000
	<i>A. niger</i> 95 DDS	648,33	957,32	147,66	0	4000
	<i>A. terreus</i> 95 DDS	222,67	621,65	279,18	0	3000
Maracay1	Mohos totales 0 DDS	1947,41	1392,05	71,48	150	5800
	<i>A. flavus</i> 0 DDS	282,96	299,95	106	0	900
	<i>A. niger</i> 0 DDS	219,26	280,79	128,07	0	1000
	<i>A. terreus</i> 0 DDS	114,81	393,9	343,07	0	2000
	Mohos totales 95 DDS	3782,59	1527,63	40,39	30	7200
	<i>A. flavus</i> 95 DDS	311,11	788,05	253,3	0	4000
	<i>A. niger</i> 95 DDS	1085,93	547,41	50,41	20	2000
	<i>A. terreus</i> 95 DDS	85,19	226,52	265,91	0	1000
Maracay2	Mohos totales 0 DDS	30241,33	27648,95	91,43	440	82000
	<i>A. flavus</i> 0 DDS	590	971,35	164,64	0	4000
	<i>A. niger</i> 0 DDS	3178,33	2079,77	65,44	250	9000
	<i>A. terreus</i> 0 DDS	20366,67	23926,8	117,48	2300	77000
	Mohos totales 95 DDS	44383,33	31719,03	71,47	4400	99000
	<i>A. flavus</i> 95 DDS	4138,33	4469,45	108	0	19000
	<i>A. niger</i> 95 DDS	22006,67	19720,21	89,61	250	72000
	<i>A. terreus</i> 95 DDS	16460	16091,95	97,76	0	60000

Leyenda: Maracay 1: Maracay sin inoculación; Maracay 2: Maracay con inoculación de *Aspergillus flavus*. D.E.: desviación estándar. CV: Coeficiente de variación. Min: mínimo. Max: máximo.

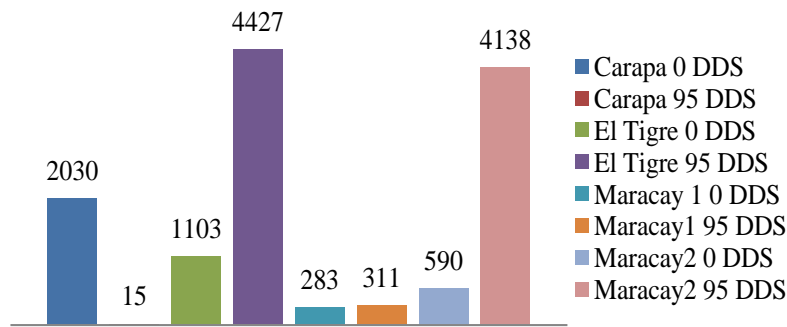


Figura 18. Poblaciones promedio (ufc) de *A. flavus* a la siembra (0 dds) y 95 días después de la siembra (95 dds) en los cuatro ambientes de los ensayos de campo.

La especie del grupo *Aspergillus* más abundante 95 dds en la localidad de Carapa fue *A. terreus* con 362,96 ufc/g de suelo en promedio (Fig. 19), con variación entre 0 y 2000 ufc/g de suelo. *A. terreus* ha sido reportada como competidor de *A. flavus* (Horn y Dorner, 2002), lo que posiblemente causó la disminución de *A. flavus* en el segundo muestreo.

En el ensayo sembrado en el ambiente de Maracay, sin inoculación con *A. flavus*, las poblaciones promedio de mohos totales aumentaron de 1947,41 ufc/g de suelo a la siembra a 3782,59 ufc/g de suelo a los 95 dds. En este ambiente, a la siembra del ensayo de campo se detectó *A. flavus* en el 62,96% de las muestras analizadas, con una población promedio de 282,96 ufc/g de suelo, aumentando a tan solo a 311,11 ufc/g de suelo en el muestreo realizado a los 95 dds; y presente en solo el 37,04% de las muestras analizadas. El mayor incremento a los 95 dds fue observado con la especie *A. niger*, detectándose en promedio 219,26 ufc/g de suelo a la siembra y 1085,92 ufc/g de suelo a los 95 dds. En esta última época de muestreo, *A. niger* fue detectado en todas las parcelas muestreadas, con aumento en la población excepto en una, mientras que a la siembra no se detectó poblaciones de ese moho en 11 de las 27 parcelas muestreadas. Las poblaciones de *A. terreus* en el suelo del ensayo de Maracay, sin inoculación, fueron detectadas en cinco de las parcelas muestreadas y

estuvieron localizadas en muestras contiguas correspondientes al suelo del tercer bloque, tanto a la siembra como a los 95 dds; es decir, mostró una zonificación definida.

En el suelo del ensayo de la localidad de El Tigre, sembrado en el año 2008 (Cuadro 5), la incidencia de mohos totales a la siembra en las 30 parcelas muestreadas, varió de 790 a 29000 ufc/g de suelo, con 5053 ufc/g de suelo en promedio. Las especies nativas de *Aspergillus* encontradas en esa localidad y en esa época de muestreo fueron *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y *A. candidus*. La especie *A. flavus* fue detectada en el 100% de las muestras analizadas; y en 17 de las 30 parcelas muestreadas (57%) predominó sobre las demás especies con poblaciones que oscilaron entre 200 y 8000 ufc/g de suelo y 1103,33 ufc/g de suelo en promedio. Por otra parte, *A. terreus* con promedio de 1033,33 ufc/g de suelo, encontrándose en el 83,33% de las parcelas muestreadas y resultó el más abundante en 12 de las 30 muestras, con poblaciones que variaron de 0 hasta 5000 ufc/g de suelo. En una sola parcela fue encontrado *A. candidus* con alta incidencia (5000 ufc/g de suelo). Las poblaciones de *A. niger* resultaron las más bajas, con un máximo de 450 ufc/g de suelo (Anexo 5).

En El Tigre, en el suelo muestreado a los 95 dds, 62 días después de la inoculación con *A. flavus*, la incidencia de mohos totales aumentó de 5053 a 11946,67 ufc/g de suelo en promedio de las 30 muestras analizadas. Por su parte, la población de *A. flavus* se incrementó con respecto a la detectada en la siembra, de 1103,33 a 4426,66 ufc/g de suelo en promedio, variando entre 1000 hasta 24000 ufc/g de suelo en las 30 parcelas muestreadas a los 95 dds. La inoculación posiblemente uniformizó la población de *A. flavus* en el área del ensayo, incrementándose la incidencia de éste moho en 27 de las 30 parcelas muestreadas (Anexo 5). Así mismo, esta uniformidad se evidenció por la razón entre valores extremos determinados la cual fue de 0,025 antes de la inoculación, a los 0 dds, y de 0,042 a los 95 dds. Sin embargo, también se observó un aumento en la incidencia de *A. niger* en esta época de muestreo,

encontrándose un promedio de 648,33 ufc/g de suelo en las 30 muestras analizadas con un máximo de 4000 ufc/g de suelo. Por otra parte, la incidencia de *A. terreus* disminuyó de 1030 a 223 ufc/g de suelo a finales del ciclo de cultivo.

En las muestras de suelo provenientes de Maracay, con inoculación (Cuadro 5), las especies encontradas en forma natural fueron: *A. terreus*, *A. niger*, y *A. flavus*. En general, en este ambiente fueron obtenidas las más altas incidencias de mohos, excepto para *A. flavus* con promedio de 590 ufc/g de suelo (Fig. 18 y Anexo 6). La especie *A. terreus* se encontró en el 100% de las muestras y predominó en 27 de ellas, con variación de 2300 hasta 77000 ufc/g de suelo e incidencia promedio de 20370 ufc/g de suelo. *A. niger* también fue encontrado en todas las muestras, con promedio de 3178,33 ufc/g de suelo. La especie *A. flavus*, en ese ambiente de Maracay, estuvo presente en el 66,67% de las muestras a la siembra (Anexo 6).

A los 95 dds, en el ambiente de Maracay con inoculación, se observó incremento en la incidencia promedio de mohos totales (44383,33 ufc/g de suelo) con respecto a la encontrada a la siembra (30241,33 ufc/g de suelo). Las poblaciones de *A. flavus* aumentaron de 590 a 4138 ufc/g de suelo en los muestreos realizados a la siembra y a los 95 dds. Cabe señalar que la incidencia de este moho a los 95 dds fue casi siete veces mayor en comparación con el muestreo realizado a la siembra sin inoculación (Fig. 18, Anexo 6). El mismo incremento fue observado en la población de la especie *A. niger* en el muestreo a los 95 dds, el cual aumentó su densidad de población a 22007 ufc/g de suelo (Fig. 19).

Luego de la inoculación, en Maracay la población de *A. flavus* también resultó más uniformemente distribuida en el área del ensayo, siendo esto evidente por la presencia de este moho en el 96,67% de las muestras analizadas (en 29 de 30 parcelas muestreadas); con respecto a la siembra, en el cual se detectó en el 66,67% de las muestras. Por su parte, la población promedio de *A. terreus* bajó de 20366,67 a 16460 ufc/g de suelo 95 dds (Fig. 19).

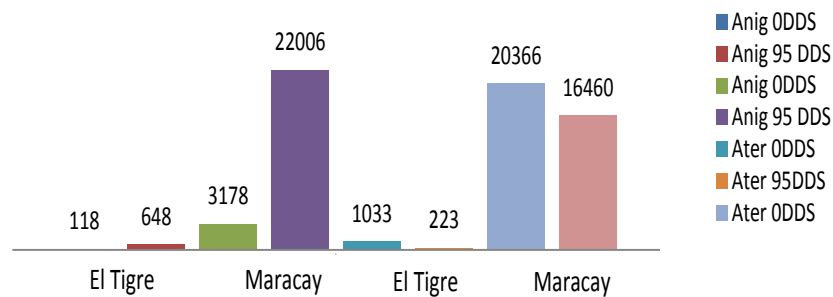


Figura 19. Población (ufc/g de suelo) de *A. niger* (Anig) y *A. terreus* (Ater) en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua), con inoculación a la siembra (0 dds) y 95 días después de la siembra (95 dds).

La población promedio de *A. niger* y *A. terreus* resultó mayor en la localidad de Maracay con inoculación que en la localidad de El Tigre (Fig. 19); sin embargo las poblaciones de *A. flavus* resultaron más elevadas en El Tigre (Fig. 18).

En general, y más evidente en la localidad de El Tigre la incidencia de mohos en el suelo presentó la misma tendencia de variación en las densidades de población a la siembra y a los 95 dds. En la Figura 20 se puede observar el incremento de las poblaciones de mohos totales en el segundo muestreo en todos los ambientes estudiados, tanto en los no inoculados como en los inoculados.

La población promedio de *A. niger* y *A. terreus* resultó mayor en la localidad de Maracay con inoculación que en la localidad de El Tigre (Fig. 19); sin embargo las poblaciones de *A. flavus* resultaron más elevadas en El Tigre (Fig. 18).

En el cultivo del maní varios autores (Joffe, 1969; Nahdi, 1996; Kloepper y Bowen, 1991) han estudiado la dinámica poblacional de microorganismos en el suelo, en la rizósfera y en la

llamada geocarpósfera (área cerca del fruto de la planta del maní, usada para describir la zona en la cual tiene influencia la microbiota del suelo). En este estudio el muestreo fue realizado en el suelo del área entre las parcelas de siembra, la cual corresponde al área de fructificación en el segundo muestreo (95 dds), debido al desarrollo de los cultivares. Al respecto, Nahdi (1996) encontró mayores poblaciones de *A. flavus* en la zona de fructificación de maní que en los suelos del sembradío, así como con la maduración del cultivo. También, Kloepper y Bowen (1991) percibieron aumento en la densidad de población de *A. flavus* y así como de otros mohos en la zona de la geocarpósfera en comparación al suelo, y señalan posible competencia de los mismos con *A. flavus*. Lo señalado por estos autores coincide con el aumento de las poblaciones de mohos totales, *A. flavus* y *A. niger* encontrado en el segundo muestreo de suelo, en general, en todos los ambientes de siembra. Sin embargo, en los ensayos, sujetos a inoculación tanto en El Tigre, como en Maracay, las poblaciones de *A. flavus* en el suelo se incrementaron más que en los no inoculados.

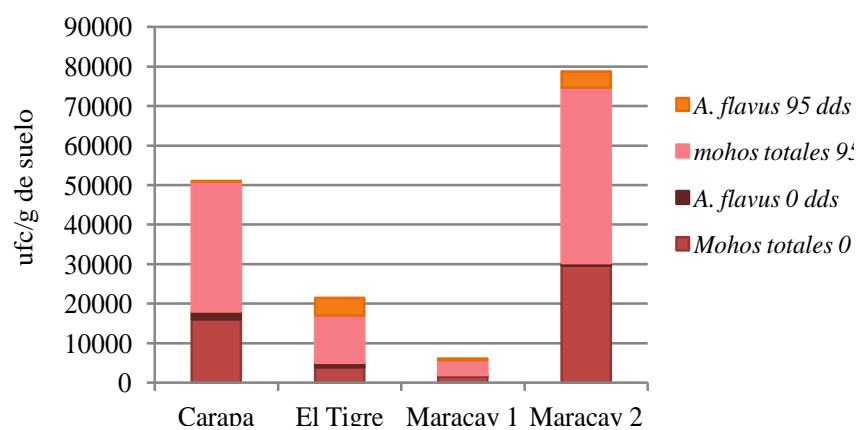


Figura 20. Proporción de *A. flavus* sobre los mohos totales determinados en los suelos de siembra de los ensayos en 4 ambientes, a la siembra y a los 95 días después de la siembra.

En los ensayos de El Tigre y de Maracay, sujetos a inoculación, las poblaciones de *A. flavus* en el suelo se incrementaron 4 y 7 veces al segundo muestreo, respectivamente. No ocurriendo así en el ensayo no inoculado con *A. flavus* (Fig. 18), en donde el incremento fue solo del 9,9 % (Maracay).

La inoculación aumentó la población de *Aspergillus flavus* en el suelo. Sin embargo; a pesar de la presión de inóculo ejercida en el suelo con el aislamiento de *A. flavus*, Ospino I B, a los 32 dds, sus poblaciones resultaron más bajas que las esperadas, y de las encontradas por Mazzani (1989) en suelos de Maracay, similares a los estudiados. Este autor señaló poblaciones naturales de *A. flavus* entre 125 y 1500 ufc/g de suelo y entre 5500 y 21800 ufc/g de suelo de *A. terreus* y que éstos resultaron extremadamente incrementados 78 días después de la inoculación, con valores que estuvieron entre 125000 y 1750000 ufc/g de suelo de *A. flavus* y entre 450000 y 3700000 ufc/g de suelo de *A. terreus*, unas 1000 veces mayor; sin embargo, este autor refiere que fue 1000 veces mayor a la reportada por otros autores.

Joffe (1969) indica que la relativa baja frecuencia de *A. flavus*, encontrada por él en suelos maniceros, fue atribuida a la ocurrencia común de *A. niger* y *A. flavus*. Estos organismos tienen requerimientos nutricionales similares y son normalmente aislados de los mismos hábitats. Ambos mohos han sido encontrados con poblaciones en suelos maniceros de tipos Virginia (Griffin y Garren, 1976). En este estudio *A. niger* fue hallado en todos los suelos estudiados (excepto en Carapa al primer muestreo), pudiendo ser la causa de las bajas poblaciones de *A. flavus* encontradas, tal como lo reportan Horn y Dorner (2002). Así mismo, Griffin *et al.* (2001) en dos campos de maní con historial de contaminación de aflatoxinas, encontraron a *A. flavus* y su antagonista *A. niger*, con moderado y moderado a alto grado de agregación, respectivamente. Griffin *et al.* (1975) encontraron que la interferencia de hongos no deseados en las placas de dilución fue mayor en los suelos naturales, que los infestados

artificialmente y atribuyen estas diferencias a los tipos de propágulos y el grado de competencia de los hongos. Cabe señalar que en este estudio se partió de muestreo de suelo, se encontró una sectorización de especies en los ensayos de campo y además, fue utilizado el método de diluciones de suelo; todo esto pudiera haber subestimado las poblaciones de mohos y no detectado otros mohos que pudiera competir con *A. flavus*, aún en poblaciones más bajas.

En el presente estudio no se observó relación entre los cultivares y las densidades de los mohos en el suelo, más bien al parecer tendió a haber una agregación de las especies de *Aspergillus* en los suelos de los ensayos de campo. También, Wiatrak *et al.* (2006) encontraron que las concentraciones de *A. flavus* y de *A. niger* en el suelo no fueron influenciadas por los cultivares sembrados.

Jaime-Garcia y Cotty (2006) encontraron que las densidades de población (ufc/g de suelo) fluctuaban temporalmente, probablemente, como resultado de variaciones ambientales. Encontraron diferencias significativas entre regiones y entre variaciones espaciales. Así mismo, variaciones encontradas en la composición y densidad de propágulos en suelos, de diferentes campos en Arizona muestreados en el tiempo, fueron atribuidas principalmente a cambios en la temperatura; pero también a otras variables como condiciones de suelo, longitud del día, la secuencias de cultivos previos y nivel de insectos (Orum *et al.*, 1999).

Por el contrario, Cardwell y Cotty (2002) no observaron diferencias significativas entre años para la cantidad de propágulos/g de suelo (ufc/g), ni para la incidencia de especies de la sección Flavi en particular.

Por su parte, Gangawane y Deshpande (1975) encontraron poblaciones de mohos más elevadas en suelos previamente sembrados con maní que en suelos vírgenes o nunca antes sembrados. No obstante, las poblaciones promedio de *A. flavus* y la incidencia de mohos

totales, en el presente trabajo, resultaron mayores, en el suelo de la localidad de Carapa, perteneciente a una sabana nunca antes sembrada, que en los otros tres ensayos sembrados. En esta localidad, además del suelo arenoso, característicos de la región, la siembra presentó problemas de suministro de agua y fue afectada por estrés hídrico llevando a la pérdida del ensayo. Al respecto, la FAO (2004) señala que los suelos arenosos ligeros favorecen la rápida proliferación de los hongos, particularmente en condiciones de aridez, por lo que se puede inferir esto como la causa de estas elevadas poblaciones.

Existen pruebas de que el maní cultivado en diferentes tipos de suelo puede presentar grados de infección por los mohos significativamente diferentes (Nahdi, 1996; Jaime-García y Cotty, 2006; Griffin y Garren, 1976). En los ambientes de secano y riego o lluvia con riego suplementario, las poblaciones de mohos totales fueron más bajas, excepto en Maracay en el ambiente inoculado.

Zablotowicz *et al.* (2007) encontraron las mayores poblaciones de *A. flavus* en suelos con mayores contenidos de materia orgánica; lo que podría explicar las más altas poblaciones de este moho en los suelos de Maracay, que contienen alrededor del 3,50% de m.o., en comparación con los de la Estación Experimental de Anzoátegui en El Tigre (0,80% m.o.).

En algunas regiones, los sistemas agrícolas comprenden diversas prácticas de cultivo y fertilización que pueden afectar, de forma aislada o en su conjunto, a la supervivencia o proliferación de las poblaciones de hongos toxígenos. El suelo de siembra del ensayo en El Tigre fue sujeto a encalado como práctica necesaria, debido a la acidez de los suelos de las sabanas orientales del país, al respecto Wiatrak *et al.* (2006) señalan una mayor población de *Aspergillus flavus* con la aplicación de cal en tratamientos bajo riego.

Griffin y Garren (1976) reportaron como altas las poblaciones de *A. flavus* de alrededor de 100 propágulos /g de suelo (102 a 104) y como bajas 10 propágulos /g, en suelos maniceros

del estado de Virginia, Estados Unidos. Así mismo, señalan como elevadas, poblaciones de 113 a 164 ufc/g de suelo encontradas en asociación a restos de cosecha de centeno y frutos de maní (Griffin y Garren, 1976). En este sentido se puede señalar que las poblaciones promedio de *A. flavus* encontradas en los suelos bajo estudio resultaron altas, con excepción de las detectadas en Carapa, en el segundo muestreo (95 dds), fecha para la cual el ensayo se encontraba ya mermado en la población de plantas en las parcelas.

Poblaciones de *A. flavus* han sido encontradas en rangos de 1 hasta 57 propágulos, representando un 0,01% o menos de la población total de hongos en suelos maniceros. Estos rangos de poblaciones han sido señalados como densidades suficientemente altas para permitir la colonización de frutos de maní, en suelos de siembra de tipos Virginia (Griffin *et al.*, 1975; Griffin y Garren, 1976).

La población de mohos totales en el suelo a la siembra fue correlacionada de manera positiva y significativa con la incidencia de *A. flavus*, *A. niger* y *A. terreus* en un 38% ($p < 0,05$), 42% ($p < 0,03$) y 34% ($p < 0,08$), en la misma época de muestreo. Entretanto, *A. flavus* y *A. niger* presentaron una correlación de 46% ($p < 0,02$), (Anexo 7).

Los análisis de correlación de Pearson utilizando las poblaciones de mohos en el suelo de cada localidad, (N=27 y N=30) mejoraron grandemente los coeficientes de correlación, sobre todo en la localidad de El Tigre, entre las incidencias de mohos totales a la siembra con *A. flavus* ($r= 0,80$, $p < 0,001$), y con *A. terreus* ($r=0,71$, $p < 0,001$); entre las incidencias de mohos totales a la siembra y a los 95 dds ($r=0,71$, $p < 0,001$) y entre las poblaciones de *A. flavus* en las dos épocas de muestreo ($r=0,60$, $p < 0,001$). También aumentaron los coeficientes de correlación entre la incidencia de mohos totales a los 95 dds y las poblaciones de *A. flavus* y *A. niger* en 64 y 62%, respectivamente. Las poblaciones aumentaron en el segundo muestreo de manera proporcional.

Las correlaciones positivas y significativas ($p < 0,05$) entre densidad de población de *Aspergillus flavus* y mohos totales, así como entre pares de especies (Anexo 7) sugieren que las poblaciones fueron influenciadas por factores ambientales similares.

Horn y Dorner (1998) señalan que la variabilidad en la densidad de *A. flavus* y *A. parasiticus* encontrada por ellos pudo resultar por diferencias en las frecuencias de estrés hídrico y en la temperatura del suelo, así como la influencia de los mismos en la susceptibilidad de la semilla de maní a la invasión de la semilla.

Jaime-García y Cotty (2006) afirman que variaciones tanto en la densidad de población de *A. flavus*, como en la composición de cepas en suelos del Sur de Texas, por ellos encontradas, pudieron ser influenciadas por varios factores. Principalmente, la densidad de la población varió temporalmente. La variación espacial a escala podría no tener un importante papel en la contaminación por aflatoxinas en el Sur de Texas.

CONTENIDO DE PROTEÍNAS

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre cultivares para el contenido de proteínas en la localidad de El Tigre y no significativas en la localidad de Maracay (Cuadro 6).

En El Tigre, el contenido de proteína resultó bajo para el maní, con un promedio de 18,84%. En esa localidad la prueba de medias ($p < 0,05$) distinguió tres grupos de cultivares: el primero comprendió el cultivar Spanish 503 con el mayor contenido de proteína con 20,77%; otro grupo intermedio incluyó seis (6) cultivares con rangos entre 19,79 y 18,35%; y el tercer grupo de cultivares con los menores contenidos de proteínas que fueron el 5231, el Raleigh

Acc.323 y San Martín con 18,18; 18,12 y 17,58%, respectivamente; éstos últimos con diferencias estadísticas con el cultivar Spanish 503 (Cuadro 7).

Por otra parte, el contenido de proteínas en Maracay mostró una variación entre 33,70 (cultivar 15607) y 29,61% (cultivar Raleigh Acc.323) con un promedio de 32,36%. El contenido de proteínas promedio en esta localidad resultó 1,71 veces mayor que los conseguidos en El Tigre. Dwivedi *et al.* (1996) señalaron que contenidos de proteínas más elevados, en maní, han sido atribuidos a condiciones de estrés hídrico a finales de ciclo. Contrariamente, señalan que la falta de agua de mediado de ciclo no influyó significativamente en los contenidos de proteínas, así como tampoco en las cantidades de aceite y ácidos grasos, aparte del ácido eicosónico (Dwivedi *et al.*, 1996). En la localidad de Maracay, se evidenciaron temperaturas máximas más altas que en El Tigre, aunque el promedio fue similar (Anexo 1).

La relación de los cuadrados medios del error no permitió el análisis en conjunto. El contenido de proteínas promedio del grano cosechado de las dos localidades fue de 25,60% ($\pm 7,08$), con determinaciones de rango entre 17,35 y 38,67%, los cuales están dentro de los contenidos de proteínas reportados en grano de maní por otros autores (Cuadro 8).

Cuadro 6. Cuadrados medios de los análisis de varianza para el contenido de proteínas y aceite del grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

	LOCALIDAD			
	EL TIGRE		MARACAY	
F de V	Proteínas	Aceite	Proteínas	Aceite
Cultivares	2,686 **	2,619 ns	5,035 ns	1,542 ns
Error	0,765	1,427	4,399	4,481
CV(%)	4,64	2,62	6,48	5,07

** : diferencias significativas a $p < 0,01$; ns: diferencias no significativas;
CV(%): coeficiente de variación

Cuadro 7. Comparación de medias para los contenidos de proteína y aceite en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

Cultivares	El Tigre		Maracay	
	Proteínas	Aceite	Proteínas	Aceite
Spanish 503	20,77 A ¹	45,53	32,94	41,26
PI-337409	19,79 AB	45,13	32,39	40,90
15607	19,46 AB	43,97	33,70	41,18
PI-337494	19,00 AB	45,80	33,60	41,27
TMV-2	18,78 AB	43,67	32,28	41,42
Tamrun 96	18,36 AB	43,33	30,79	42,62
OL-01	18,35 AB	44,67	32,20	41,33
5231	18,18 B	45,97	33,52	43,00
Raleigh Acc.323	18,12 B	45,63	29,61	42,40
San Martín	17,58 B	44,67	32,60	42,06

1: medias con igual letra en la misma columna no presentan diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$).

Cuadro 8. Rangos en los contenidos de proteínas encontrados en el grano de cultivares de maní por algunos autores.

AUTOR(ES)	Rangos
Campos <i>et al.</i> (2009)	23,5 a 26,6 %
Asibuo <i>et al.</i> (2008)	18,92 a 30,53 %
Ajay <i>et al.</i> (2008)	22,20 a 30,33 %
Özcan (2010)	25,9 a 32,4 %
Atasie <i>et al.</i> (2009)	38,61 %
Prathiba y Reddy (1994)	17 a 25,2 %
Latham (1997)	15 a 34%

En la Figura 21 se puede observar las diferencias en los contenidos de proteínas entre ambas localidades, así como la poca variabilidad encontrada para los 10 cultivares tanto en El Tigre, como en Maracay, siendo ésta un poco mayor en El Tigre.

Las marcadas diferencias en los contenidos de proteína del grano en ambas localidades mostraron una alta influencia ambiental. Así mismo, se aprecia una tendencia diferencial en los contenidos de proteínas del grano procedentes de las dos localidades en estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos en ambas localidades, el contenido de proteínas resultó correlacionado positiva y significativamente ($p < 0,001$) con el ácido graso esteárico en magnitud intermedia ($r=0,36$). En El Tigre se encontró relación significativa de los contenidos de proteínas con los ácidos palmítico, oleico, linoleico, eicosenoico y behémico con coeficientes de correlación de 0,36 ($p < 0,05$), -0,40 ($p < 0,03$), 0,46 ($p < 0,01$), -0,33 ($p < 0,07$) y 0,37 ($p < 0,04$), respectivamente.

Los resultados de Maracay no mostraron correlación entre los contenidos de proteínas y los ácidos grasos del grano. Las grandes diferencias entre las dos localidades no permitieron estudiar las relaciones con estos ácidos grasos con los datos en conjunto. Campos *et al.* (2009) encontraron los más bajos contenidos de ácido oleico en la variedad con el más alto contenido de proteína, coincidiendo con la relación negativa encontrada en El Tigre con este ácido graso. Así mismo, un menor contenido de proteína y una mayor concentración de ácido oleico fue encontrado, en Córdoba, Argentina, en 29 cultivares nativos de *Arachis hypogaea* L. en las variedades *hypogaea*, que en las *fastigiata*, *aequatoriana* y *peruviana* (Grosso y Guzmán, 1995).

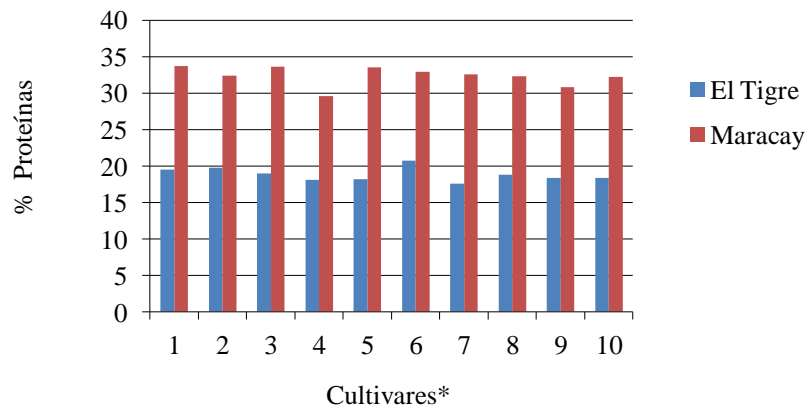


Figura 21. Contenido de proteínas del grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01. Aflat (ng/g): contenido de aflatoxinas.

Los contenidos de proteínas han sido estudiados de acuerdo a regímenes hídricos (Dwivedi *et al.*, 1996; Ajay *et al.*, 2008). Al respecto, Dwivedi *et al.* (1996) encontraron que el estrés hídrico a final de ciclo redujo los contenidos aceite, de ácidos grasos linoleico y behémico y significativamente aumentó las proteínas totales y el ácido graso oleico. Sin embargo, evidenciaron interacción genotipo ambiente, que al parecer también se observa con los resultados aquí encontrados, a pesar de la baja variabilidad observada entre los 10 cultivares. Por otra parte, Ajay *et al.* (2008) encontraron mayores contenidos de proteínas en lluvias (26,71%), que en la época post-lluviosa (24,36%).

Los resultados obtenidos muestran una relación inversa entre el contenido proteínas y el largo y ancho de la semilla, y el peso de 100 semillas solo en la localidad de El Tigre, con $r = -0,37$ ($p < 0,04$), tanto para el largo como para el ancho de la semilla, y $r = -0,29$ ($p < 0,12$) para el peso (Anexo 4). En este sentido, Prathiba y Reddy (1994) encontraron mayores contenidos de proteínas en cultivares de granos pequeños, comparado con granos grandes de

colores oscuros. La semilla pequeña es característica de los cultivares de maní del tipo Spanish. En este sentido, los resultados obtenidos muestran porcentajes más elevados de proteínas en los cultivares de la subespecie *fastigiata*, en ambas localidades. Esto también coincide con lo reportado por Asibuo *et al.* (2008) quienes hallaron un mayor contenido de proteínas promedio en el grano de cultivares de la subespecie *fastigiata* (25,69%), que para los de la subespecie *hypogaea* (22,78%).

El contenido de proteínas resultó con una baja relación negativa ($r=-0,19$) y significativa solo al 15%, con la incidencia de *A. flavus*. Esta tendencia concuerda con Shan *et al.* (2006) quienes encontraron que algunos componentes de las semillas de maní estaban relacionados con el potencial de resistencia de *A. flavus*; y señalan que al parecer las variedades con mayor resistencia tenían un mayor contenido de proteínas. Por otra parte, Bindu y Kumar (2003) encontraron una disminución en el contenido de proteínas totales en granos de maní que estaban infectados por *A. flavus*.

Por lo contrario, el cultivar Spanish 503, el cual obtuvo las mayores incidencias de *A. flavus*, tanto en El Tigre como en Maracay (Cuadro 3), presentó los más elevados contenidos de proteínas del grano cosechado en El Tigre (20,77%) y el cuarto más elevado en Maracay (32,94%), (Cuadro 7). Igualmente, el cultivar con el menor contenido de proteínas en El Tigre coincidió con tener la menor colonización de *A. flavus* (cultivar Tamrun 96). El cultivar TMV-2, utilizado en este y otros trabajos como testigo susceptible, presentó un contenido de proteínas de 18,78 y 32,28% (intermedios) en El Tigre y Maracay, respectivamente (Cuadro 7), habiendo sido reportado en la literatura con 26,50% (Ajay *et al.*, 2008). En los cultivares PI-337409 y PI-337394, reportados con resistencia a *A. flavus* y que se encontraron con incidencias bajas e intermedias de este moho, fueron obtenidos contenidos de proteínas de 32,39 y 33,6%, respectivamente, ambos por encima de la media (32,36%). Sin embargo, en

El Tigre, el cultivar PI-337394 con 18,12% se encontró en el grupo de los cultivares de contenidos más bajos de proteínas (Cuadro 7).

Por el contrario, una relación positiva y significativa fue encontrada entre el contenido de proteínas en el grano y la colonización de *A. niger* con $r= 0,27$ ($p < 0,034$), lo opuesto a lo encontrado por Bindu y Kumar (2003) en semilla infestadas por otras especies del género *Aspergillus* (*A. fumigatus* y *A. terreus*).

CONTENIDO DE ACEITE

La variabilidad en cuanto al contenido de aceite fue baja en ambas localidades. Con el análisis de la varianza no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos en las dos localidades en estudio (Cuadro 6). Prathiba y Reddy (1994) tampoco encontraron diferencias significativas en el contenido de aceite del grano de siete cultivares de maní de diferentes tamaños de grano y con contenidos de aceite de 46 a 52%.

En El Tigre la media de los contenidos de aceite de los 10 cultivares alcanzó un 44,84% de aceite, con un mínimo de 43,33% para el cultivar ‘Tamrun 96’ y un máximo de 45,97% para el cultivar 5231 (Cuadro 7). Por otra parte, en Maracay el contenido de aceite promedio fue 41,74%, con rangos entre 40,9% (cultivar PI-337409) y 43,00% (cultivar 5231), (Cuadro 7). Una mayor variación fue encontrada por otros autores en cultivares de maní con rango entre 41 y 53,4% (Berry, 1982; Bansal *et al.*, 1993; Prathiba y Reddy, 1994; Ajay *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2009).

El análisis en conjunto (Cuadro 13) arrojó diferencias altamente significativas entre localidades ($p < 0,002$). El promedio del contenido de aceite en Maracay 3,10%, menor que el encontrado en El Tigre (Fig. 22). Bansal *et al.* (1993) encontraron el contenido de aceite

significativamente influenciado por fluctuaciones ambientales, luego de evaluar el grano de maní procedente de cuatro ambientes. El testigo susceptible TMV-2 presentó un contenido de aceite de 43,67 y 41,42% en El Tigre y Maracay, respectivamente (Cuadro 7). Ajay *et al.* (2008) encontraron un 44,18% de aceite en esa misma variedad.

A pesar que la interacción localidad x tratamiento no fue estadísticamente significativa (Cuadro 13), en la Figura 22 se puede observar un comportamiento diferencial en el contenido de aceite de algunos de los cultivares en las localidades en estudio. El cultivar Tamrun 96 que presentó el menor porcentaje de aceite en El Tigre, en Maracay resultó con el segundo mayor contenido, luego del cultivar 5231, el cual presentó los más altos contenidos de aceite en ambas localidades (Cuadro 7).

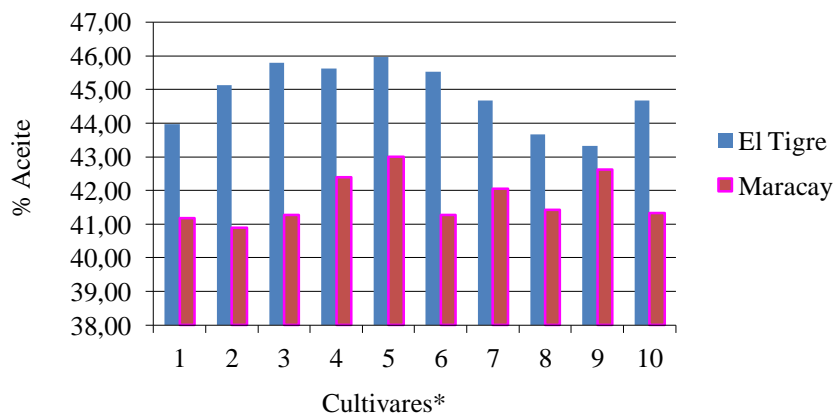


Figura 22. Contenido de aceite del grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01

El alto contenido de aceite presente en el grano de maní (45,97 a 40,9%), hace que la calidad de su aceite y de sus productos derivados dependa en gran medida de la fracción de su aceite. El contenido de aceite se ha indicado que difiere en relación a su calidad, localidad geográfica, estación de siembra y condiciones de cultivo (Young *et al.*, 1974).

La correlación entre los contenidos de aceite y proteínas fue de $r=-63,95\%$ ($p < 0,0001$), indicando la relación inversa entre estas dos variables. Se presume que la baja variación encontrada en ambas variables no permitió observar claramente la relación inversa entre las mismas con los datos obtenidos en cada localidad por separado (Fig. 22); sin embargo, esta relación se hace evidente al presentarse los mayores contenidos de proteínas y los menores de aceite en Maracay, y viceversa en el grano cosechado en la localidad de El Tigre. En este sentido, en 800 líneas de maní del banco de germoplasma del ICRISAT se encontró correlación negativa entre el contenido de aceite y proteínas (ICRISAT, 1986).

Por otra parte, se encontró correlación positiva entre el contenido de aceite y el tamaño de la semilla y ninguna relación con el peso de la semilla (ICRISAT, 1986). Con respecto a la primera, el contenido de aceite y el tamaño de la semilla resultaron medianamente correlacionadas positivamente, tanto en El Tigre como en Maracay a 27% ($p < 0,14$) y 31% ($p < 0,10$), respectivamente. También, se presentó correlación entre el contenido de aceite y el peso de 100 semillas, tanto en Maracay como con los datos de ambas localidades, la misma resultó positiva con $r=0,29$ ($p < 0,02$) y $r=0,28$ ($p < 0,14$), respectivamente (Anexo 4).

Las variedades que producen semillas pequeñas son procedentes de la subespecie *fastigiata*. Asibuo *et al.* (2008) encontraron que los cultivares de los tipo Virginia subespecie *hypogaea* presentaron mayores contenidos de aceite, que los cultivares Spanish y Valencia (subespecie *fastigiata*), con los resultados obtenidos esto fue observado más claramente en Maracay, donde los 6 cultivares de mayor contenido de aceite pertenecen al tipo Virginia, pero con

promedio de 42,30%, solo ligeramente mayor que el de los cultivares *fastigiata* (41,15%) (Cuadro 9). Bansal *et al.* (1993) reportaron que el contenido de aceite fue independiente del hábito de crecimiento que caracteriza las subespecies en maní.

En general, el porcentaje promedio de aceite en el grano se presentó con una relación positiva y significativa ($r=0,28$, $p < 0,03$) con la incidencia de *A. flavus* (transformada) indicando que a mayor colonización de *A. flavus* en el grano, mayor contenido de aceite. Esto fue mayor en la localidad de El Tigre ($r=0,34$, $p < 0,07$). En este sentido, Shan *et al.* (2006) encontraron que los cultivares con menores incidencia de *A. flavus* (mayor resistencia a la infección fúngica) presentaron menores contenidos de aceite. No obstante, en Maracay, no se encontró correlación significativa entre contenido de aceite y la incidencia de *A. flavus*, ni con el contenido de aflatoxinas.

La relación del contenido de aceite y aflatoxinas fue menor ($r=0,23$) también positiva; pero no significativa ($p < 0,23$). En los ambientes inoculados con *A. flavus* los cultivares con mayor incidencia de este moho, tampoco presentaron los mayores contenidos de aflatoxinas.

Cuadro 9. Perfil de ácidos grasos de los cultivares de las subespecies *fastigiata* e *hypoagea* en el grano cosechado en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

	SUBESP	PALM	ESTEAS	OLEIC	LINOL	O/L	ARCH	EICO	BEHE	LIGNO	%ACE	INSAT	SAT	INS/SAT
El Tigre	<i>fastigiata</i>	11,75	3,59	42,95	33,02	1,3	1,84	0,84	4,09	1,66	45,11	46,77	23,78	1,97
	<i>hypoagea</i>	10,83	3,39	52,42	24,49	2,18	1,71	1,1	3,62	1,84	44,65	46,5	22,49	2,07
Maracay	<i>fastigiata</i>	10,95	4,08	44,79	31,02	1,5	1,87	0,92	3,75	1,51	41,15	42,66	23,06	1,85
	<i>hypoagea</i>	10,59	3,69	50,33	26,61	1,96	1,72	1	3,37	1,51	42,3	43,81	21,89	2,01

Leyenda: PALM= ácido palmítico, ESTEA= ácido esteárico, OLEIC= ácido oleico, LINOL= ácido linoleico, O/L= relación ácido graso oleico/linoleico, ARAC= ácido arachídico, EICO= ácido eicosónico, BEHE= ácido behémico, LIGNO= ácido lignocérico, %ACE= contenido de aceite, INSAT= ácidos grasos insaturados, SAT= ácidos grasos saturados. En mg/g (%).

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

La composición del aceite del grano de los cultivares de aceite normal, cosechados tanto en El Tigre como en Maracay, es presentada en el Cuadro 10. De acuerdo a los tiempos de retención de los picos arrojados por el análisis de cromatografía de gases de la fracción de metil ésteres, con tiempos de retención bloqueados (RTL), fue encontrada la presencia de los ácidos grasos palmítico (12,33 a 10,2%), esteárico (4,26 a 2,91%), oleico (55,61 a 41,4%), linoleico (33,97 a 22,44%), arachídico (2,04 a 1,52%), eicosenoico (1,32 a 0,78%), behémico (4,16 a 2,98%) y lignocérico (1,82 a 1,39%), como los principales ácidos grasos del grano de los cultivares de composición normal de aceite estudiados. Los ácidos grasos más abundantes encontrados fueron el oléico y el linoleico, los cuales sumaron un 77,56% del área del total de ácidos grasos en El Tigre y 76,97% en Maracay.

En la Figura 23 son presentadas las proporciones promedio de los diferentes ácidos grasos de la composición del aceite del grano de los cultivares normales de maní en El Tigre y Maracay.

El ácido oléico encontrado en el aceite del grano de los cultivares cosechados en ambas localidades promedió 51,16%, con determinaciones con rangos entre 40,19 y 56,61% para los cultivares de calidad de aceite normales, con promedio de 49,52% ($\pm 5,57$) del total de ácidos grasos, con ambos extremos encontrados en la localidad de Maracay. Este ácido graso representó hasta 81,92% del total de los ácidos grasos para el cultivar alto oleico (OL-01). El segundo ácido graso en importancia en los cultivares de aceite normal fue el linoleico con un promedio de 27,37% ($\pm 4,81$) del total y con determinaciones entre rangos de 21,14 y 35,32%, con solo 2,8% para el cultivar OL-01.

Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos¹ del aceite del grano de los 9 cultivares de maní, de aceite normal, cosechados en Maracay (Edo. Aragua) y en El Tigre (Edo. Anzoátegui).

TR	Ácido graso	% de área
15,33	16:0 palmítico	12,33 a 10,20
17,87	18:0 esteárico	4,26 a 2,91
18,36	18:1 oleico	55,61 a 41,40
19,24	18:2 linoleico	33,97 a 22,44
21,46	20:0 arachídico	2,04 a 1,52
22,06	20:1 eicosanoico	1,32 a 0,78
25,79	22:0 behémico	4,16 a 2,98
30,48	20:4 lignocerato	1,82 a 1,39

Leyenda: TR: Tiempo de retención (logaritmo del volumen de elución) arrojados por cromatografía de gases; % de área debajo del pico del cromatograma. ¹: por cromatografía de gases (RTL) acoplada a detector de masa.

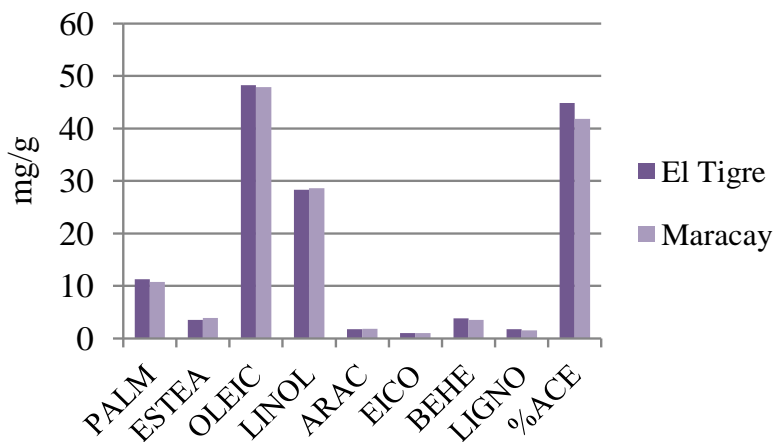


Figura 23. Promedios de ácidos grasos de 9 cultivares de composición de aceite normal en el grano cosechado en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

Leyenda: PALM: ácido palmítico, ESTEA: ácido esteárico, OLEIC: ácido oleico, LINOL: ácido linoleico, O/L: relación ácido graso oleico/linoleico, ARAC: ácido arachídico, EICO: ácido eicosanoico, BEHE: ácido behémico, LIGNO: ácido lignocérico, %ACE: contenido de aceite, INSAT: ácidos grasos insaturados, SAT: ácidos grasos saturados

El ácido palmítico fue el tercero en cuantía y representó en promedio el 10,80% del total de los ácidos grasos, con determinaciones entre 13,04 y 9,56%, y en el cultivar alto oleico promedió solo 6,87% ($\pm 0,29$). No obstante, Wen-Hsin *et al.* (1997) encontraron al ácido linoleico en maní como principal ácido graso, seguido del ácido oleico y el palmítico.

El ácido graso esteárico se encontró con promedio de 3,53 ($\pm 0,63$) y con valores que variaron entre 2,67 y 4,65%. Los demás ácidos grasos hallados en la semilla de los 9 cultivares de composición de aceite normal fueron el arachídico (1,45 a 2,08 %), behémico (3,01 a 4,02 %), lignocérico (0 a 2,12 %), el eicosenoico (0 a 1,42%), todos ellos encontrados en menor proporción en el cultivar alto oleico (OL-01). También, Abrar (2009) presentó un perfil de ácidos grasos con bajos niveles de ácidos saturados mirístico (0,04%), palmítico (9,85%), esteárico (2,53%), arachídico (1,21%), behémico (2,52%) y lignocérico (2,42%), y un más alto nivel de ácidos insaturados oleico (55,36%), linoleico (26,96%) y eicosenoico (1,36%).

Berry (1982) con cromatografía líquida de gases en el grano de 16 cultivares de maní encontraron los ácidos palmítico (12,22 a 13,30%), esteárico (3,17 a 3,67%), oleico (37,94 a 41,90%), linoleico (34,59 a 37,91%), arachídico (1,63 a 1,85%), eicosenoico (0,99 a 1,22%), behémico (3,24 a 4,36%) y lignocérico (1,08 a 1,44%), los mismos ácidos grasos fueron encontrados en los cultivares en estudio, excepto el mirístico (Abrar, 2009); sin embargo, en todos los casos los rangos de variación fueron mayores en los 9 cultivares de aceite normal caracterizados, indicando mayor variabilidad en el perfil de ácidos grasos en estos genotipos.

Se encontró una fuerte correlación negativa ($r=-0,999$) y altamente significativa ($p < 0,0001$) entre los niveles de ácido oleico y linoleico. En la Figura 24 son presentados los promedios de los contenidos de ambos ácidos grasos en los 10 cultivares en estudio, y donde se puede notar la tendencia completamente inversa entre los dos ácidos grasos.

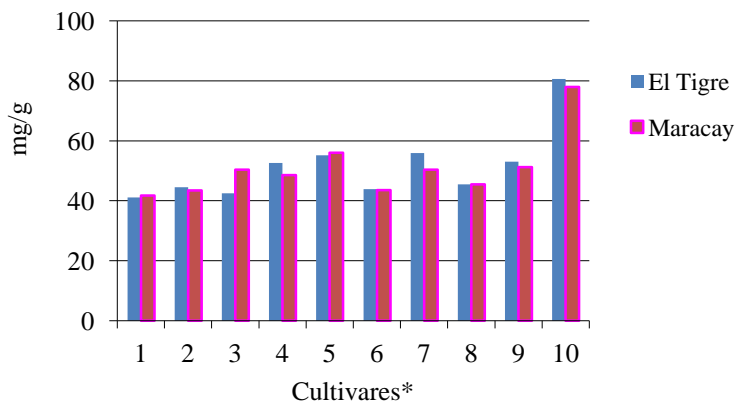


Figura 24. Promedios de los contenidos de ácido oleico y linoleico en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

También resultó de importancia la correlación entre el ácido oleico y el palmítico, la misma resultó alta, negativa y altamente significativa ($r = -0,91$, $p < 0,001$). Como era esperado se relacionó positiva ($r = 0,92$) y significativamente ($p < 0,0001$) con el ácido linoléico (Anexo 4). Las altas correlaciones negativas entre los ácidos grasos oleico y linoleico, y entre el palmítico y oleico han sido reportadas en maní por otros autores (Andersen *et al.*, 1998; Andersen y Gorbet, 2002). Los mismos autores han señalado en maní una relación inversa entre el ácido oleico y el porcentaje de saturación ($r = -0,841$). El ácido oleico también resultó con relación inversa con el ácido esteárico ($r=-0,71$), behémico ($r=-0,761$) y el arachídico ($r=-0,743$). Estas últimas fueron también encontradas por Andersen *et al.* (1998) pero en débil magnitud. Así mismo, destacó en importancia la correlación encontrada entre el ácido arachídico y el behémico ($r=0,88$).

Tanto en El Tigre, como en Maracay, fueron encontradas diferencias estadísticas entre cultivares para todos los ácidos grasos, así como para la relación oleico/linoleico, excepto para el ácido eicosenoico y lignocérico en el grano de El Tigre (Cuadro 11).

En cuanto al ácido oleico, en la localidad de El Tigre el promedio alcanzó 51,45%. La prueba de medias arrojó seis grupos de cultivares (Cuadro 12), destacándose como era esperado, el cultivar OL-01, con 80,60%. A 'OL-01' le siguió el cultivar San Martín' con 55,89; otro grupo conformado por cuatro cultivares con altos contenidos de ácido oleico con 55,19, 53,00, 52,56% y 45,43%, correspondiente a los cultivares '5231', 'Tamrun 96', 'Raleigh Acc.323' y TMV-2, respectivamente. Otro grupo con los cultivares PI-337409 y Spanish 503 con contenidos intermedios (44,47 y 43,84%); el cultivar PI-337394 con 42,45% y por último el cultivar 15607, el cual presentó la menor cantidad de este ácido graso 41,05% del total.

En la localidad de Maracay, la media del contenido de oleato fue de 50,88%, con rangos entre 41,74 y 56,02% para los cultivares de grano normal '15607' y '5231', respectivamente; y alcanzando 77,93% en el cultivar OL-01, alto oleico. La prueba de media discriminó cuatro grupos de cultivares. De nuevo el cultivar alto oleico (OL-01) se separa de los demás cultivares con 77,93%. A este le sigue el cultivar 5231 con 56,02%, el de más elevado oleato dentro de los cultivares normales. Luego se separa un grupo de 5 cultivares ('Tamrun 96', 'PI-337394', 'San Martín', 'Raleigh Acc. 323' y 'TMV-2') con contenido de ácido oleico variando entre 51,22 (cultivar Tamrun 96) y 45,50% (cultivar TMV-2). El grupo de cultivares con el menor contenido de ácido oleico, comprende el cultivar Spanish 503, el PI-337409 y el 15607, con 43,53, 43,47 y 41,74%, respectivamente. Este grupo de cultivares resultó con diferencias significativas con el cultivar 5231, el cual presentó el mayor contenido de oleato dentro de los cultivares normales. El cultivar 15607 presentó el menor contenido de este

ácido graso en ambas localidades. Por otra parte, el cultivar 5231 en El Tigre fue el segundo de mayor oleico después del cultivar San Martín (Cuadro 12).

El análisis en conjunto para el contenido de ácido oleico mostró diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos (Cuadro 13). Con la prueba de medias de Tukey fueron encontrados siete grupos de cultivares. Destaca aparte el cultivar alto oleico (OL-1) con promedio de 79,27%. A este le siguen los cultivares 5231 y San Martín con 55,61 y 53,19%, respectivamente. Luego se discriminan los cultivares Tamrun 96 (52,11%), Raleigh Acc. 323 (50,56%), PI-337394 (46,43%) y TMV-2 (45,46%). Por último, el cultivar 15607 con los menores contenidos de oleico, junto a PI-337409 y Spanish 503 con entre 41,4 y 43,97%, respectivamente, con diferencias significativas ($p < 0,05$) con los primeros cuatro grupos.

Cuadro 11. Cuadrados medios de los análisis de varianza para los ácidos grasos del aceite del grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

ACIDO GRASO	El Tigre		Maracay	
	CM	CV (%)	CM	CV (%)
PALMITICO	6,527**	3,903	6,909**	6,774
ESTEARICO	1,736**	13,133	0,724**	5,368
OLEICO	406,47**	2,241	328,57**	7,842
LINOLEICO	208,33**	4,318	221,89**	15,00
O/L	42,55**	57,47	123,19**	50,93
ARACHIDONICO	0,605**	14,97	0,099**	3,445
EICOSENOICO	0,124 ns	44,485	0,197**	6,753
BEHEMICO	2,676**	14,562	0,425**	14,562
LIGNOCERICO	0,241 ns	29,798	0,027*	6,652
INSATURADOS	39,44**	1,48	13,76**	1,16
SATURADOS	38,62**	5,36	15,33**	4,24
INS/SAT	6,55**	19,41	1,20**	4,39

Grados de libertad de Cultivares= 9, Grados de libertad del Error= 18; **= diferencias significativas a $p < 0,01$; *= diferencias significativas a $p < 0,04$; ns: diferencias no significativas; CM= Cuadrados Medios; CV= Coeficiente de variación

Cuadro 12. Comparación de medias para los contenidos de ácidos grasos (%) del aceite en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

LOCALIDAD	Cultivares ¹	PALMITICO	ESTEARICO	OLEICO	LINOLEICO	O/L	O/L *	ARACHIDICO	EICOSENOICO	BEHEMICO	LIGNOLEICO	INS	SAT	INS/SAT
EL TIGRE	1	12,84 A	3,37 AB	41,05 D	34,4 A	1,19 A	1,19 D	1,73 A	0,67	4,02 A	1,91	76,12 A	23,87 C	3,19 A
	2	10,92 CD	4,07 A	44,47 C	31,21 AB	1,43 A	1,43 D	2,07 A	0,99	4,33 A	1,81	76,67 A	23,2 BC	3,3 A
	3	11,58 BC	3,70 AB	42,45 CD	33,59 A	1,26 A	1,26 D	1,85 A	0,95	3,86 A	1,63	77 A	22,62 BC	3,41 A
	4	10,81 CD	3,82 AB	52,56 BC	24,46 C	2,16 A	2,16 B	1,84 A	0,92	3,36 A	1,81	77,94 A	21,62 BC	3,6 A
	5	10,57 CD	3,34 AB	55,19 B	22,75 C	2,42 A	2,42 AB	1,62 A	1,10	3,11 A	1,72	79,04 A	20,36 B	3,88 A
	6	11,67 ABC	3,22 AB	43,84 CD	32,88 A	1,33 A	1,33 D	1,73 A	0,75	4,14 A	1,32	77,46 A	22,08 BC	3,51 A
	7	9,88 D	3,34 AB	55,89 BC	21,61 C	2,59 A	2,59 A	1,73 A	1,14	3,6 A	2,02	78,65 A	20,57 BC	3,82 A
	8	12,27 AB	3,66 AB	45,43 BC	29,37 B	1,55 A	1,55 C	1,84 A	0,98	4,35 A	1,71	75,77 A	23,84 C	3,18 A
	9	10,59 CD	2,79 B	53 BC	24,25 C	2,19 A	2,19 B	1,54 A	1,36	3,68 A	1,97	78,62 A	20,57 BC	3,82 A
	10	7,49 E	1,35 C	80,6 A	6,61 D	13,59 B		0,43 B	1,18	1,13 B	1,12	88,4 B	11,52 A	8,12 B
MARACAY	1	11,81 A	4,01 AB	41,74 C	33,53 A	1,25 A	1,25 A	1,82 B	0,89 C	3,92 AB	1,54	76,16 A	23,11 C	3,3 A
	2	10,75 A	4,45 A	43,47 C	31,79 A	1,37 A	1,37 AB	2 A	0,89 C	3,98 AB	1,47	76,15 A	22,66 C	3,36 AB
	3	10,15 A	4,03 AB	50,41 BC	26,46 A	2,04 A	2,04 AB	1,86 AB	0,937 C	3,5 ABCD	1,54	77,81 AB	21,08 BC	3,45 AB
	4	10,4 A	4,01 AB	48,56 BC	28,05 A	1,79 A	1,79 AB	1,78 B	0,843 C	3,26 BCD	1,42	77,45 AB	20,88 BC	3,54 AB
	5	9,99 A	3,60 BC	56,02 B	22,13 A	2,54 A	2,54 B	1,6 CD	0,99 C	2,85 D	1,39	79,15 B	19,43 B	3,64 ABC
	6	11,08 A	3,81 B	43,53 C	32,32 A	1,35 A	1,35 A	1,78 BC	0,95 C	3,58 ABCD	1,47	76,8 AB	21,72 BC	3,69 ABC
	7	10,52 A	4,00 AB	50,37 BC	26,01 A	2,04 A	2,04 AB	1,85 AB	0,96 C	3,39 ABCD	1,5	77,33 AB	21,26 BC	3,72 ABC
	8	11,14 A	3,84 B	45,5 BC	30,33 A	1,51 A	1,51 AB	1,84 AB	0,933 C	3,88 AB	1,56	76,76 AB	22,26 C	3,84 BC
	9	10,92 A	3,02 CD	51,22 BC	26,56 A	1,93 A	1,93 AB	1,51 DE	1,283 B	3,47 ABCD	1,67	79,07 B	20,59 BC	4,07 C
	10	6,26 B	2,84 D	77,93 A	3,7 B	21,98 B		1,41 E	1,68 A	3,02 CD	1,67	83,32 C	15,2 A	5,49 D
PROMEDIO	1	12,33 A	3,69 AB	41,4 E	33,97 A	1,22 A	1,22 A	1,78 AB	0,78 B	3,97 AB	1,73	76,14 A	23,49 E	3,24 A
	2	10,84 BCD	4,26 A	43,97 E	31,5 AB	1,4 A	1,4 AB	2,04 A	0,94 AB	4,16 A	1,64	76,41 A	22,93 CDE	3,33 A
	3	10,87 BCD	3,87 AB	46,43 CDE	30,03 ABC	1,65 A	1,65 ABC	1,86 AB	0,95 AB	3,68 ABC	1,59	77,4 AB	21,85 BCDE	3,55 A
	4	10,6 BCD	3,92 AB	50,56 BCD	26,25 BCD	1,97 A	1,97 BCD	1,81 AB	0,88 AB	3,31 BC	1,61	77,7 AB	21,25 BCD	3,66 A
	5	10,28 CD	3,47 BC	55,61 B	22,44 D	2,48 A	2,48 D	1,61 B	1,04 AB	2,98 C	1,55	79,1 B	19,9 B	3,98 A
	6	11,38 ABC	3,52 BC	43,69 E	32,6 A	1,34 A	1,34 A	1,75 AB	0,85 AB	3,86 AB	1,39	77,13 AB	21,9 BCDE	3,53 A
	7	10,2 D	3,67 AB	53,13 B	23,81 D	2,32 A	2,32 D	1,79 AB	1,05 AB	3,5 ABC	1,76	77,99 AB	20,92 BC	3,73 A
	8	11,71 AB	3,75 AB	45,46 DE	29,85 ABC	1,53 A	1,53 ABC	1,84 AB	0,96 AB	4,12 A	1,64	76,27 A	23,05 DE	3,32 A
	9	10,76 BCD	2,91 C	52,11 BC	25,41 CD	2,06 A	2,06 CD	1,52 B	1,32 AB	3,58 ABC	1,82	78,84 B	20,58 B	3,83 A
	10	6,87 E	2,10 D	79,27 A	5,16 E	17,79 B		0,92 C	1,43 A	2,08 D	1,4	85,86 C	13,36 A	6,81 B

1: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL-01; *: sobre 9 cultivares de aceite normal; INS: ácidos grasos insaturados; SAT: ácidos grasos saturados.

Cuadro 13. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado para el contenido de aceite y sus ácidos grasos en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

F de V	GL	ACE	PALM	ESTEAS	OLEIC	LINOL	O/L	ARACH	EICOS	BEHE	LIGNOL
LOC	1	143,44	4,71	3,65	4,93	0,01 ns	9,83 ns	0,18 ns	0,01 ns	0,08 ns	0,47
		(p<0,002)	(p<0,001)	(p<0,069)	(p<0,09)	(p<0,076)	(p<0,59)	(p<0,441)	(p<0,077)	(p<0,442)	(p<0,077)
TRAT	9	2,23	12,74	2,23	715,17	413,63	154,9	0,56	0,26	2,35	0,12 ns
		(p<0,656)	(p<0,000)	(p<0,000)	(p<0,000)	(p<0,000)	(p<0,000)	(p<0,000)	(p<0,024)	(p<0,000)	(p<0,54)
LOC X TRAT	9	1,93	0,69	0,23	19,88	16,59	10,84	0,15	0,07 ns	0,07	0,15 ns
		(p<0,745)	(p<0,058)	(p<0,058)	(p<0,037)	(p<0,068)	(p<0,005)	(p<0,000)	(p<0,753)	(p<0,000)	(p<0,375)
ERROR	36										
CV (%)		3,97	5,46	9,54	5,74	11,03	53,91	10,55	31,55	11,5	22,66

Leyenda: ACE= contenido de aceite, PALM= ácido palmítico, ESTEA= ácido esteárico, OLEIC= ácido oleico, LINOL= ácido linoleico, O/L= relación ácido graso oleico/linoleico, ARACH= ácido arachídico, EICO= ácido eicosónico, BEHE= ácido behémico, LIGNO= ácido lignocérico; CV= coeficiente de variación

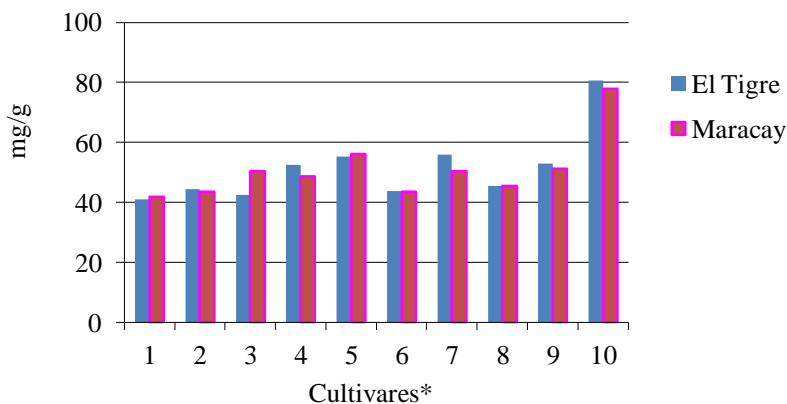


Figura 25. Promedio de los contenidos de ácido oleico del grano de 10 cultivares cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

La interacción localidad x tratamiento resultó significativa ($p < 0,037$); sin embargo, la misma es evidente solo con el cultivar PI-337394 que presentó en El Tigre el segundo valor más bajo (42,45%) y en Maracay intermedio con 50,41%. Por otra parte, menos variación entre las dos localidades (Fig. 25) fue observada para el cultivar San Martín con el más elevado contenido de ácido oleico (55,90%) en El Tigre, en Maracay bajó a 50,37%. El cultivar Raleigh Acc.323 con 52,56 en El Tigre, presentó en Maracay 48,56%. Sin embargo, en la Figura 25 se puede notar que los contenidos de este ácido graso en el grano cosechado en ambas localidades siguieron la misma tendencia.

El ANAVAR combinado para el contenido de ácido oleico no detectó diferencias significativas entre localidades ($p < 0,0697$); siendo el promedio en El Tigre de 51,45% y en Maracay de 50,88%. La media del contenido de oleato fue menor en los cultivares tipos Spanish, alcanzando 42,95% en El Tigre y 44,79% en Maracay, mientras que los cultivares Runner y Virginia (tipos *hypogaea*) alcanzaron un 52,42 y 50,33%, respectivamente (Cuadro 9). Resultados similares fueron señalados en 29 cultivares nativos de *Arachis hypogaea* L., donde se encontró una mayor concentración de ácido oleico en las variedades *hypogaea* que en las *fastigiata*, *aequatoriana* y *peruviana* (Grosso y Guzmán, 1995). Así mismo, Bansal *et al.* (1993) encontraron que la concentración de ácido oleico fue mayor en los genotipos provenientes de los tipos Virginia runner, seguidos de Virginia bunch, y con un mínimo en los tipo Spanish, esta tendencia fue contraria con el ácido linoleico.

En relación al ácido linoleico, en El Tigre fue observada variación en los cultivares normales con entre 21,61 y 34,40%. En esa localidad el menor contenido de ácido linoléico lo presentó el cultivar OL-01 con 6,61%. La prueba de medias discriminó cinco grupos de cultivares, y con tendencia contraria a los grupos formados para el contenido de ácido oleico. El grupo de mayor proporción de ácido linoleico fue constituido por los cultivares 15607, PI-337394 y

Spanish 503, con 34,40, 33,59 y 32,88%; a este le siguen dos grupos intermedios, uno con el cultivar PI-337409 con 31,21%, y otro con el cultivar TMV-2 con 29,37%, el cuarto grupo, con diferencias significativas con los otros cultivares, con rango entre 24,46 y 21,61%, que son los cuatro de mayor oleico en su aceite.

En Maracay, fue encontrado entre 22,13 a 33,53% de ácido linoleico para los cultivares no oleicos; sin embargo, a pesar de esta variación no se observaron diferencias significativas entre estos cultivares, posiblemente debido al bajo contenido de este ácido graso en el cultivar OL-01 que solo alcanzó el 3,70%, 1,74 veces más bajo que en la localidad de El Tigre. En este sentido, la prueba de medias (Cuadro 12) discriminó solo dos grupos los cultivares de composición de ácidos grasos normal y el alto oleico.

El análisis combinado arrojó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$). No se encontraron diferencias significativas entre localidades, ambas con alrededor de 26% de ácido linoleico. La interacción localidad x tratamiento resultó significativa solo al $p < 0,068$; pudiéndose notar diferencias en los cultivares PI-337394, Raleigh Acc.323 y San Martín (Fig. 26); como era esperado los mismos que presentaron interacción localidad x tratamiento para el ácido oleico.

La prueba de medias para el contenido de ácido linoleico (Cuadro 12) en el grano cosechado en las dos localidades discriminó siete grupos de cultivares. Los cultivares 15607 y Spanish 503 tuvieron los mayores contenidos de ácido linoleico con 33,97 y 32,60%, seguidos por el cultivar PI-337409 con 31,60% con 31,50%. El tercer grupo estuvo constituido por los cultivares PI-337394 (30,03%) y TMV-2 (29,85%). Luego se ubicó el cultivar Raleigh Acc.323, con diferencias significativas con los de mayor contenido con 26,25%. Otro grupo con el cultivar Tamrun 96 con 25,41%. Los cultivares San Martín y 5231 constituyen el grupo de menor contenido de éste ácido graso con 23,81 y 22,44%. El cultivar alto oleico

alcanzó solo 5,16%. Este contenido de linoleato es reportado como promedio por otros autores en cultivares alto oleico por ellos evaluados (Andersen *et al.*, 1998).

Knauft *et al.* (1993) afirman que la mayoría de los cultivares de maní promedian 55% de ácido oleico y 25% de ácido linoleico, y que la proporción entre ambos está directamente relacionada. En la Figura 27 se puede notar claramente la estrecha correspondencia de los ácidos grasos oleico y linoléico, de manera que la expresión de la relación O/L refleja con precisión el contenido relativo de estos dos ácidos grasos.

Campos *et al.* (2009) en seis cultivares encontraron rangos entre 43,4 a 46,2% para el ácido oleico, y entre 32 a 32,36% para el linoleico. Andersen *et al.* (1998) indicaron entre 79 a 82% de ácido oleico y 5% de linoleico en cultivares alto oleico, y en los demás genotipos el rango fue entre 53 y 60%, y entre 18 y 27% de ácido oleico y linoleico, respectivamente, siendo el oleato mayor que los rangos encontrados en los cultivares de aceite normal en este trabajo.

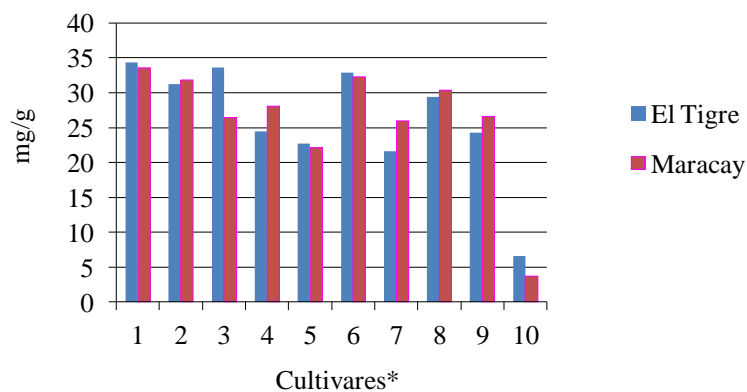


Figura 26. Promedio de los contenidos de ácido linoleico en el grano de 10 cultivares cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

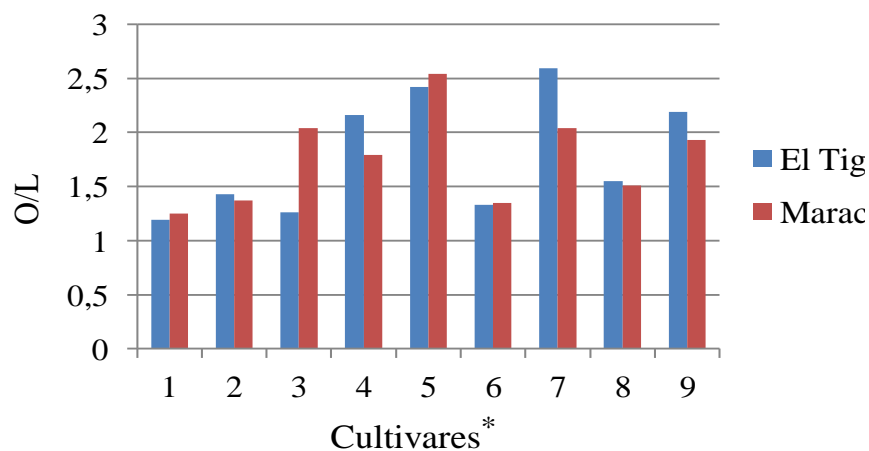


Figura 27. Relación ácidos grasos oleico y linoleico en el grano de 9 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96.

Ajay *et al.* (2008) reportaron un amplio rango en el perfil de ácidos grasos en cultivares de maní variando entre 34,94 a 55,8% de ácido oleico, y 27,80 a 42,47% de linoleico; ambas variaciones mayores que las encontradas en el grano de los 9 cultivares normales estudiados.

La característica más importante del perfil de ácidos grasos en maní es la contribución de los ácidos grasos oleico y linoleico y su relación. La relación ácido graso oleico y linoleico es importante para conocer la calidad del aceite, por cuanto no solo influencia la vida útil mejorando la estabilidad oxidativa del aceite, del grano y de sus productos derivados, sino que también mejora la calidad nutricional del mismo. Las mayores relaciones O/L tienen efecto positivo en la calidad del maní, así como en su valor nutritivo. Asibuo *et al.* (2008) indican como promisorios para calidad de aceite cultivares con relaciones O/L mayores de 2.

El análisis de varianza para la relación O/L (Cuadro 11) fue realizado sobre los nueve cultivares de aceite normal a fin de conocer las diferencias entre estos, ya que la amplia discrepancia en los contenidos de estos ácidos grasos de los cultivares normales y el alto oléico, podrían enmascarar las verdaderas diferencias. Fueron encontradas diferencias altamente significativas entre tratamientos en El Tigre ($p < 0,0001$), en Maracay ($p < 0,01$) y para el análisis en conjunto ($p < 0,0001$).

La prueba de medias en El Tigre estableció cinco grupos de cultivares. En el primero destaca el cultivar San Martín con 2,59; el siguiente cultivar de mayor relación O/L fue el 5231 con 2,42; a este le siguen los cultivares Tamrun 96 y Raleigh Acc.323 los cuales presentaron relaciones O/L de 2,19 y 2,16; luego se presentó el cultivar susceptible TMV-2 con relación O/L de 1,55, y por último se discriminaron cuatro cultivares (15607, PI-337394, Spanish 503 y PI-337409) con la menor calidad de aceite, con entre 1,43 y 1,19, todos ellos pertenecientes al tipo Spanish (Cuadro 12).

Por otra parte, en Maracay se destacó el cultivar 5231, con relación O/L de 2,54, con diferencias significativas ($p < 0,05$) con los cultivares de menor O/L (15607 y Spanish 503). Los demás cultivares fueron intermedios de acuerdo la prueba de medias y su relación varió entre 2,04 y 1,37 (Cuadro 12).

Mediante el análisis en conjunto no fueron detectadas diferencias significativas entre localidades, mientras que resultó significativa la interacción localidad x tratamiento ($p < 0,038$). Los cultivares que presentaron dicha interacción fueron el PI-337394 con O/L de 1,26 y 2,04, el Raleigh Acc.323 con 1,79 y 2,16, el Tamrun 96 con 1,93 y 2,19 y el San Martín con 2,04 y 2,59, en El Tigre y Maracay, respectivamente (Figura 36). A pesar de la diferencia encontrada en este último en ambas localidades, se puede señalar que el mismo presentó estabilidad de su aceite, por presentar una relación O/L elevada en ambas localidades. Casini

et al. (2003) encontraron que la relación O/L fue influenciada por el cultivar y así como por factores ambientales. El promedio de O/L de ambas localidades fue de 1,78 (\pm 0,51), el cual fue similar a los reportados por Casini *et al.* (2003), Campos *et al.* (2009) y Grosso y Guzmán (1995) quienes encontraron promedios de 1,22, 1,40 y 1,20 en la relación O/L. El rango señalado por Asibuo *et al.* (2008) en 20 variedades de maní fue de 1,14 a 3,66, más amplio que el encontrado en los cultivares de aceite normal estudiados que fue de 1,14 a 2,59. Por su parte, seis cultivares Spanish estudiados por López *et al.* (2001) presentaron rangos de O/L entre 0,8 y 2,1 con media de 1,2.

Los cultivares tipos Spanish poseen menores relaciones O/L y por ende un aceite menos estable que los cultivares runner o tipos Virginia (Bansal *et al.*, 1993; López *et al.*, 2001). Los tipos Spanish presentaron promedios de O/L menores que los tipos Virginia en ambas localidades con 1,30 y 1,50 en El Tigre y Maracay, respectivamente; mientras que los promedios de las variedades *hypogaea* alcanzaron una relación de O/L de 2,18 y 1,96, respectivamente.

Los genotipos normales presentaron promedios del ácido graso palmítico de 11,24 (\pm 0,92) y 10,75% (\pm 0,79), en El Tigre y Maracay, respectivamente.

En el Tigre, la prueba de medias (Cuadro 12) diferenció significativamente ($p < 0,05$) siete grupos de cultivares: los primeros tres constituidos cada uno por un solo cultivar, e incluyen el 15607, TMV-2, y el Spanish 503, con los mayores contenidos de este ácido saturado, con rangos entre 12,84% a 11,67%, el cuarto grupo está conformado por el cultivar PI-337394, con diferencias significativas ($p < 0,05$) con el primero, el quinto grupo de cuatro cultivares de aceite normal con rangos entre 10,92 a 10,57% de relativamente bajos contenidos de ácido palmítico, y por último de nuevo destaca el cultivar San Martín con 9,88%. Como era de

esperarse por la alta correlación encontrada con el ácido linoleico, nuevamente el cultivar alto oleico comprende un grupo aparte con el menor porcentaje de ácido palmítico 7,49%.

En el grano cosechado en Maracay, la prueba de medias para el ácido palmítico discriminó significativamente solo dos grupos de cultivares, los de composición normal variando entre 11,81 y 9,99% para el cultivar 15607 y 5231, respectivamente; y el cultivar alto oleico con 6,26% de ácido palmítico. En el cultivar OL-01 el ácido palmítico representó en promedio el 64,98% del encontrado en los cultivares normales, y dentro del rango reportado por Andersen *et al.* (1998) que fue entre 50 y 67% del contenido en líneas de maní de aceite normal. Estos autores señalan que valores de este ácido graso fueron hasta el doble en cultivares normales de maní (9 a 10%) que en los alto oleico (5 a 8%). Ajay *et al.* (2008) encontraron rangos entre 10,09 a 17,65% en la especie, siendo este último alto para maní. La variación promedio en el grano de los cultivares normales fue entre 10,20 a 12,33% para este ácido graso.

Con el análisis combinado (Cuadro 13) fueron encontradas diferencias significativas entre localidades ($p < 0,001$), siendo la media de El Tigre ($10,86\% \pm 1,46$) mayor que en Maracay ($10,30\% \pm 1,56$). La interacción localidad x tratamiento resultó significativa a $p < 0,058$.

En cuanto al contenido de ácido esteárico, en El Tigre la prueba de medias mostró cuatro grupos de cultivares. El PI-337409 con 4,07% fue el de contenido más alto de este ácido graso. El segundo grupo comprende siete cultivares de rangos entre 3,82 y 3,22% de proporción intermedia y el 'Tamrun 96' presentó el menor contenido con 2,79% entre los cultivares de composición normal del aceite. El cultivar alto oleico presentó solo el 1,35% de este ácido graso (Cuadro 12).

En Maracay también fueron encontradas diferencias significativas entre cultivares. La prueba de media separó seis grupos (Cuadro 12). De nuevo el cultivar PI-337409 presentó el

contenido de ácido esteárico más elevado con 4,45%. El segundo grupo se formó con cuatro cultivares de alrededor de 4 %. A este le siguen dos grupos de entre 3,84 a 3,60%. El cultivar Tamrun 96, también en esta localidad presentó los menores contenidos de este ácido graso entre los cultivares normales con 3,02%. El cultivar OL-01 presentó 2,84% de este AG, contenido bajo, pero más del doble que el encontrado en El Tigre. Fueron encontradas diferencias entre localidades ($p < 0,0004$) siendo el promedio mayor en Maracay (3,76%) que en El Tigre (3,27). Los cultivares muestran un comportamiento diferencial entre las localidades siendo la interacción localidad x tratamiento estadísticamente significativa ($p < 0,058$).

Otros ácidos grasos presentes en el perfil del aceite de los 10 cultivares en estudio fueron los ácidos grasos saturados arachídico, y lignocérico, y el insaturado eicosenoico con determinaciones entre 0 y alrededor del 2% en la composición del aceite. Para estos tres ácidos grasos fueron encontradas diferencias altamente significativas entre cultivares, excepto para el ácido eicosenoico en la localidad de El Tigre.

Del análisis en conjunto se pueden observar diferencias entre localidades, las mismas alcanzaron una significación al 7% para los ácidos grasos arachídico y lignocérico. Resultó significativa la interacción localidad x tratamiento para los ácidos arachídico y el lignocérico.

Al respecto, Andersen *et al.* (1998) encontraron en cultivares alto oleico mayores proporciones de ácido eicosenoico y menores proporciones de arachídico y behémico en comparación a líneas normales. De acuerdo a los contenidos de arachídico, behémico y lignocérico de los 10 cultivares estudiados el cultivar alto oleico presenta grupos aparte como los de menor proporción en estos ácidos grasos (Cuadro 12).

El contenido de ácidos grasos insaturados y saturados en el grano de los cultivares normales promedió 75 y 25% en El Tigre y 76,4 y 23,6% en Maracay. Campos *et al.* (2009) encontraron promedios de estos ácidos grasos de 79 y 17%, respectivamente, en seis nuevos cultivares evaluados por ellos. Por su parte, Asibuo *et al.* (2008) encontraron rangos entre 17,85 y 22,80% en los ácidos grasos saturados en 20 cultivares de maní, y señalan que las variedades Virginia presentaron normalmente menores contenidos de grasas saturadas que los de tipo Spanish.

Una de las principales metas del mejoramiento para calidad de aceite ha sido reducir el contenido de ácidos grasos saturados y aumentar el de insaturados (Ajay *et al.*, 2008). La relación ácidos grasos insaturados/saturados resultó con diferencias significativas en los cultivares de aceite normal en la localidad de El Tigre, variando entre 3,01 a 3,63, y con 7,07 de promedio en OL-01. La prueba de medias mostró cuatro grupos de cultivares siendo los mejores cultivares el 5231, San Martín y Tamrun 96 con 3,63, 3,57 y 3,52 como los de mayor relación; seguidamente los cultivares Raleigh Acc. 323 y Spanish 503 tuvieron relación de 3,42 y 3,38, a estos le siguió el cultivar PI-337394 con 3,31, los cultivares 15607 y PI-337409 formaron otro grupo de cultivares con 3,13 y 3,08, y por último el cultivar TMV-2 como el cultivar con más ácidos grasos saturados en relación a los insaturados. Tomando en cuenta el cultivar alto oleico, los demás cultivares en esta localidad resultaron sin diferencia entre ellos (Cuadro 12).

En Maracay, el cultivar 5231 de nuevo presentó la mejor relación insaturados / saturados con 3,83, a este le siguió un grupo de cuatro cultivares (Tamrun 96, Raleigh Acc.323, PI-337394 y San Martín) con relaciones entre 3,55 y 3,44, por último un grupo con los cultivares Spanish 503, TMV-2, PI-337409 y 15607 con variación entre 3,35 y 3,14, estos fueron los mismos que presentaron la menor calidad del aceite en la localidad de El Tigre. El cultivar

alto oleico (OL-01) presentó una relación mucho más baja en esta localidad (4,84), que la hallada en El Tigre (7,07), (Cuadro 12).

Andersen y Gorbet (2002) encontraron una fuerte correlación inversa entre el porcentaje de saturación y el ácido oleico ($r = -0,841$), en los 10 cultivares bajo estudio la misma fue encontrada solo en la localidad de El Tigre ($r = -0,49$, $p < 0,01$).

La relación ácidos grasos insaturados/saturados resultó con la más alta correlación con el contenido de proteínas en el grano con $r = 0,95$ ($p < 0,001$). También resultó importante la correlación con el contenido de aceite del grano, siendo esta negativa y altamente significativa ($r = -0,63$, $p < 0,01$). Se puede señalar que los cultivares de grano con altas relaciones AG insaturados/saturados presentaron contenidos de proteínas más elevados, mejor calidad de aceite y haciendo un aporte nutricional.

En el grano de los 10 cultivares en estudio fue encontrada variabilidad en cuanto al perfil de los ácidos grasos en su aceite. Alta variabilidad en las concentraciones de ácidos grasos en maní también han sido reportadas por otros autores (Bansal *et al.*, 1993; López *et al.*, 2001; Ajay *et al.*, 2008). Andersen y Gorbet (2002) señalan que a pesar de haber encontrado efectos genotípicos altos, las épocas de siembra influenciaron la química del aceite de los cultivares probados. Solo los ácidos grasos palmítico y esteárico presentaron diferencias significativas entre localidades ($p < 0,06$); mientras que cinco de los ocho ácidos grasos detectados mostraron interacción genotipo ambiente, aún cuando se presentaron cultivares con comportamiento estable en ambas localidades. Bansal *et al.* (1993) encontraron significativa variabilidad en el perfil de ácidos grasos el mismo fue altamente influenciado por las condiciones ambientales.

El cultivar normal con las mejores características de su aceite resultó ser el '5231', por cuanto mostró menor cantidad de los ácidos grasos saturados (19,90), mayor relación ins/sat (3,98), y alta relación O/L (2,48) el cual es usado como índice de estabilidad del aceite por cuanto el ácido oleico presenta una mayor saturación y por consiguiente es más estable. El otro cultivar promisorio por su calidad del aceite fue San Martín con 20,92% de ácidos saturados, 3,73 de índice de saturación, el segundo valor de contenido de aceite con 43,36% y alta relación O/L (2,32). Estos cultivares presentaron los más altos contenidos de aceite con 44,48 y 43,36%, respectivamente; pero estadísticamente igual que los otros genotipos. Serán más aptos para confitería los de menores cantidades de aceite en su grano, pero no se encontró suficiente variabilidad. Todos los cultivares presentaron contenidos de aceite alrededor de 43%.

Por su parte, el cultivar 15607 fue el que presentó la menor calidad de aceite, por su inestabilidad dada por O/L (1,22) y su mayor contenido de ácidos grasos saturados (23,49%). También el cultivar Spanish 503 mostró baja calidad del aceite en lo que respecta al índice de estabilidad.

INCIDENCIA DE *Aspergillus flavus* Y CANTIDADES DE AFLATOXINAS EN RELACIÓN A LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE

En el grano de los cultivares en estudio, en El Tigre, como en Maracay, no fue encontrada correlación entre el perfil de ácidos grasos y la incidencia de *A. flavus*, así como con la cantidad de aflatoxinas. En la Figura 28 se puede notar la tendencia de los cultivares en cuanto a su colonización por *A. flavus* y contenidos de los principales ácidos grasos (oleico y linoleico).

El cultivar Spanish 503, que presentó la mayor incidencia de *A. flavus* (Cuadro 3), tanto en El Tigre (29%) como en Maracay (35%), tuvo el mayor contenido de ácido linoleico en El Tigre

(32,88%) y de los de contenidos de ácido oleico más bajos (43,53%). Así mismo, resultó con el 32,32%, segundo mayor contenido de linoleato en el grano cosechado en Maracay (Cuadro 12), no obstante en esa localidad no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 11).

Sin embargo, en El Tigre, los cultivares 15607 y PI-337394 con contenidos de linoleico iguales al cultivar Spanish 503, presentaron bajas incidencias de *A. flavus* de 7 y 6,67%, las cuales constituyeron un grupo de cultivares intermedios según el orden de la prueba de medias (Cuadro 3). Por su parte, el cultivar Spanish 503 presentó baja relación O/L, luego de los cultivares 15607 y PI-337394, indicando un contenido de ácido linoleico alto en relación con el oleico en el grano.

En la localidad de El Tigre, los cultivares 5231, San Martín y Raleigh Acc.323 presentaron las segundas mayores incidencias de *A. flavus* con 16, 15 y 14% de granos colonizados, respectivamente (Cuadro 3) y fueron los que tuvieron contenidos de ácido oleico elevados, con 55,19, 55,89 y 52,56%, respectivamente; sin embargo, la prueba de medias no discriminó diferencias significativas ($p > 0,05$) con los cultivares de menor incidencia de este moho.

No obstante, estos tres cultivares (5231, San Martín y Raleigh Acc.323) presentaron, en El Tigre, colonización de *A. flavus* por encima de la media. En esa localidad el cultivar PI-337409, testigo resistente a *A. flavus*, presentó una incidencia de 11,67% y un 44,47% de ácido oleico, con diferencias significativas solo con el cultivar 5231 con 55,19%.

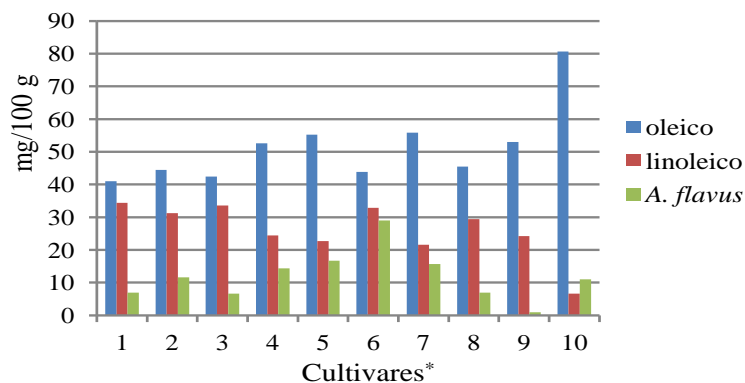


Figura 28. Incidencia de *A. flavus* y contenidos de ácidos oleico y linoleico en el grano de 10 cultivares de maní cosechado en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

Como se señaló anteriormente, también en Maracay los cultivares 5231, San Martín y Raleigh Acc.323, conjuntamente con el cultivar PI-337394, de alto contenido de ácido oleico; presentaron baja incidencia de *A. flavus*. El cultivar 5231 presentó 2% de incidencia en esta localidad y el mayor contenido de oleato.

El cultivar Tamrun 96, fue el de menor incidencia de *A. flavus* en El Tigre (Cuadro 3) y de menor valor promedio en el contenido de aflatoxinas (0,67 ng/g). Aunque estas últimas no presentaron diferencias significativas entre cultivares, Tamrun 96 fue de los cultivares normales con las menores proporciones de ácido linoleico (24,25%), al igual que ‘San Martín’, ‘5231’ y ‘Raleigh Acc.323’ con 21,61, 22,75 y 24,46% con incidencias intermedias de *A. flavus*.

En Maracay, ‘Tamrun 96’ tuvo también baja incidencia y la menor cantidad de aflatoxinas (0,67 ng/g) (Cuadro 3), con 51,22% de oleato y 26,56% de linoleato. Se puede notar que

existe una tendencia de este cultivar a tener baja colonización por este moho. Shan *et al.* (2006) encontraron que variedades de maní con mayor resistencia a *A. flavus* tuvieron más alta proporción de ácido oleico, y menor contenido de ácido linoleico en su grano. Sin embargo, Doehlert *et al.* (1993) en un estudio *in vitro* reportaron que la acción de la lipasa, ácido linoleico y ácido linolénico en homogeneizados de soya inhibió la germinación de conidios de *A. flavus*, mientras que el ácido oleico no tuvo efectos comparados con los homogeneizados no tratados. El cultivar alto oleico con un 80,6% de este ácido graso en la localidad de El Tigre, presentó una incidencia de *A. flavus* de 11%, intermedia entre los genotipos Spanish 503 y Tamrun 96; mientras que en Maracay, OL-01 presentó 6,67% de promedio de granos colonizados, y 77,93% y 3,7% de ácido oleico y linoleico, respectivamente y presentó también mayor valor de aflatoxinas que los demás, con solo 3,67 ng/g (Cuadro 3).

Al respecto, Xue *et al.* (2005) determinaron que el nivel de oleato no tuvo efecto en el crecimiento, color o desarrollo de colonias de *A. flavus*. Holbrook *et al.* (2000) aseguran que las cantidades reducidas de ácido linoleico de la variedad alto oleico ‘Sun Oleic 97R’ fueron todavía suficientes para inducir y soportar la conidiación de *Aspergillus*. También indican que, así como diversos estudios han mostrado que varios ácidos grasos insaturados afectan el proceso de desarrollo de *Aspergillus*, así mismo las relaciones ácidos grasos insaturados/saturados se han reportado como importantes para el desarrollo de este moho (Holbrook *et al.*, 2000).

El contenido de aflatoxinas en los granos de los 10 cultivares fue bajo y no mostró relación con su composición de ácidos grasos. Sin embargo, en El Tigre, el contenido de aflatoxinas transformado, presentó baja relación positiva con el ácido oleico ($r=0,19$) y negativa con el linoleico ($r=-0,18$), y no significativa ($p < 0,31$ y $p < 0,33$). Con los datos de ambas

localidades se mostró tendencia a una relación positiva con el ácido oleico y negativa con el linoleico, pero de menor magnitud y no significativa ($r=-0,15$, y $r=-0,15$, $p < 0,26$, respectivamente). La relación O/L se correlacionó de manera positiva con el contenido de aflatoxinas transformado con $r=0,20$, pero a baja probabilidad ($p < 0,13$), indicando cierta tendencia a encontrar un mayor contenido de aflatoxinas a mayor relación O/L, es decir mayor cantidad de oleico en relación al ácido linoleico.

De los cultivares probados en este estudio, el único genotipo de bajo linoleato (alto oleato) fue el OL-01, el mismo se encontró con el tercer valor más alto de aflatoxinas en promedio, con solo 3,17 ng/g, al igual que en la localidad de El Tigre con 2,67 ng/g sin diferencias estadísticas con los demás cultivares de aceite normal. En Maracay, este cultivar resultó como segundo, sin diferencias significativas con el más alto con 4,33 ng/g (Cuadro 3). En El Tigre, los cultivares TMV-2, testigo susceptible, y el alto oleico fueron los que presentaron mayores valores de aflatoxinas en su grano con 5 y 3,67 ng/g, respectivamente (Cuadro 3), y los mismos presentaron diferente calidad de aceite. El cultivar TMV-2, resultó con el contenido de aflatoxinas más alto en el grano cosechado en Maracay, con un promedio de 6,33 ng/g; sin embargo el mismo presentó contenidos intermedios de ácido oleico (45,5%) y linoleico (30,33%); así como de los demás ácidos grasos (Cuadro 12). Xue *et al.* (2005) determinaron que el nivel de oleato influyó ($p < 0,05$) el contenido de aflatoxinas B1, B2, y totales. Estos fueron estudios realizados en laboratorio.

Holbrook *et al.* (2000) señalan que un estudio comparativo de campo con genotipos de maní con reducidas y normales proporciones de ácido linoleico reveló efectos no medibles de este ácido graso en la contaminación de maní precosecha por aflatoxinas; al igual que lo observado en esta investigación. Estos autores concluyeron que los productos de la vía de la lipoxigenasa, que han sido reportados afectando la biosíntesis de aflatoxinas *in vitro*, podrían

no estar presentes en cantidades suficientes para afectar la contaminación por aflatoxinas durante el desarrollo de la semilla de maní.

Por su parte, Priyadarshini y Tulpule (1980) afirman que la cantidad neta de producción de aflatoxinas en grano para consumo puede esperarse sea en función de la relación ácidos grasos saturados e insaturados. Al respecto, no fue encontrada correlación entre las cantidades de aflatoxinas y la relación ácidos grasos insaturados y saturados en el presente trabajo.

Cabe señalar, como se indicó anteriormente, que en el grano de los cultivares estudiados fueron encontrados bajos contenidos de aflatoxinas, por lo que posiblemente no fue detectada una relación cierta entre los contenidos de las mismas y el perfil de ácidos grasos del grano. En este sentido, la relación ácidos grasos insaturados/saturados fue correlacionada de manera inversa con la incidencia de *A. flavus* transformada ($r=-0,21$, $p < 0,11$), y positiva con la de mohos totales ($r=0,20$, $p < 0,12$), *A. niger* ($r=0,32$, $p < 0,01$) y *A. terreus* ($r=0,23$, $p < 0,07$). Del mismo modo, fue encontrada correlación entre los días a cosecha de los cultivares y los contenidos de oleato y linoleato, la misma fue positiva con el primero y negativa con el linoleico. Esta relación fue más alta en la localidad de El Tigre con $r=0,36$ y $r=-0,39$ ($p < 0,001$) y con la totalidad de los datos $r=0,25$ y $r=-0,26$ ($p < 0,001$).

Los cultivares más tardíos tuvieron la tendencia a tener más ácido oleico en su grano, y los mismos son más sujetos a presentar stress por sequía (Lopez *et al.*, 2001) siendo la condición de sequía muy relacionada con altas incidencias de *A. flavus* y altos contenidos de aflatoxinas en los granos (Hershey, 2007). Lo contrario para con los cultivares de ciclo corto. Por su parte, Dwivedi *et al.* (1996) en maní encontraron que la sequía a finales de ciclo aumentaba el contenido de ácido oleico, sin afectar el contenido total de aceite del grano. En este sentido, los tipos de maní Spanish son más precoces y por ende más tolerantes a la sequía que

los otros tipos comerciales de maní (López *et al.*, 2001). Al respecto Hershey (2007) indica que los cultivares de ciclo corto, que maduran más rápido, se presentan más resistentes a las aflatoxinas en el maní, por cuanto el estrés hídrico a final del ciclo del cultivo interrumpe el metabolismo de los lípidos en cultivares susceptibles más que en cultivares resistentes.

INCIDENCIA DE OTROS MOHOS EN EL GRANO EN FUNCIÓN LA COMPOSICIÓN DEL ACEITE

La relación O/L presentó correlación significativa ($p < 0,05$) con la incidencia de mohos totales de manera inversa ($r=-0,25$), indicando que a mayor contenido de linoleato relativo al oleato en el grano, mayor fue la incidencia de mohos totales. Esta relación fue nula en la localidad de El Tigre, y más alta y significativa ($r=-0,54$, $p < 0,001$) en el grano cosechado en Maracay. En esta última, las más altas correlaciones fueron encontradas entre el porcentaje de granos colonizados por mohos totales y el ácido palmítico ($r= 0,58$, $p < 0,001$), ácido linoleico ($r= 0,51$, $p < 0,001$), ácido oleico ($r=-0,51$, $p < 0,001$), así como también con el behémico ($r=0,28$, $p < 0,14$) y eicosenoico ($r=-0,28$, $p < 0,14$), pero a menor significación. A mayor saturación del aceite, más alta fue la incidencia de mohos totales. Esta relación no fue encontrada en la localidad de El Tigre. Al respecto, los mismos resultados fueron reportados por Kang *et al.* (2002) al encontrar que el ácido palmítico estimuló el crecimiento del micelio de *Hericium erinaceum* en un 18,3%, así como la adición de ácido eicosenoico suprimió drásticamente el crecimiento del micelio. También Priyadarshini y Tulpule (1980) observaron que el ácido eicosenoico inhibió grandemente el crecimiento de *A. parasiticus*, pero en estudio *in vitro*. En los mohos micotoxigénicos *A. flavus* y *A. parasiticus*, y *A. nidulans*, los ácidos grasos insaturados y sus derivados actúan como importantes señales que afectan el desarrollo de las estructuras sexuales, asexuales y de resistencia (esclerocios).

Por el contrario, *A. terreus* resultó correlacionado negativamente con los ácido palmítico con $r=-0,27$ ($p < 0,04$). También presentó correlación negativa con los ácidos behémico y linoleico con $r=-0,23$ ($p < 0,08$) y $r=-0,21$ ($p < 0,11$), respectivamente. Este moho resultó con relación positiva con el ácido eicosenoico con $r=0,23$ ($p < 0,07$) y con el ácido oleico con $r=0,20$ ($p < 0,12$). En El Tigre fueron encontradas correlaciones negativas entre la incidencia de *A. terreus* y los contenidos de ácidos grasos saturados esteárico ($r=-0,31$, $p < 0,09$), palmítico ($r=-0,43$, $p < 0,02$), arachídico ($r= -0,57$, $p < 0,001$), behémico ($r=-0,55$, $p < 0,001$), y positiva con el ácido eicosenoico ($r=0,46$, $p < 0,01$).

En Maracay *A. terreus* resultó correlacionado con el ácido palmítico, también de manera negativa ($r=-0,27$), pero no significativa ($p < 0,38$). La relación entre los ácidos grasos oleico y linoleico O/L resultó significativa y positiva con la incidencia de *A. terreus* ($r=0,38$, $p < 0,04$) solo en la localidad de El Tigre, posiblemente debido a las bajas incidencias de este moho en los granos de maní de los cultivares estudiados. Cabe señalar que no se encontró relación alguna entre la incidencia de mohos totales y *A. terreus*.

A propósito de *A. niger* no resultó con correlación significativa con el ácido oleico ($r=-0,17$, $p=0,37$), ni con el linoleico ($r=0,19$, $p < 0,32$), así como con los demás ácidos grasos.

AZÚCARES

En El Tigre para los contenidos de sacarosa la prueba de medias (Cuadro 15) diferenció solamente el cultivar San Martín de los demás, presentando el menor contenido con 4,67 g/100 g. En cuanto a la glucosa, la prueba de medias diferenció cuatro grupos de cultivares: el primero con el cultivar PI-337409 el de mayor valor con 0,66 g/100 g de este azúcar; el segundo grupo incluyó tres cultivares (5231, PI-337394 y Spanish 503) con rangos entre

0,583 a 0,517 g/100 g sin diferencias significativas con el anterior; luego se presenta otro grupo con 0,433 y 0,400 g/100 g. Por último, un grupo de cuatro cultivares (Tamrun 96, TMV-2, OL-01 y San Martín) con los menores contenidos de glucosa con 0,283 g/100 g.

En relación al contenido de azúcares totales (sacarosa + fructosa + glucosa), la prueba de medias mostró la creación de tres grupos. El primero diferenció tres cultivares (PI-337394, 5231 y PI-337409) con rangos entre 6,840 a 6,793 g/100 g. Un grupo intermedio fue formado por seis cultivares con rangos entre 6,75 y 6,016 g/100 g. Por último, se presentó el cultivar San Martín con el menor contenido de azúcares totales con 5,117, con diferencias significativas ($p < 0,05$).

De los azúcares estudiados (sacarosa, glucosa y fructosa) en el grano de los 10 genotipos de maní bajo estudio, la sacarosa fue el más abundante con un promedio en las dos localidades de 5,95 g/100 g con mínimo de 4,20 y un máximo de 6,55 g/100 g. Este azúcar representó un 88,74% de los contenidos de azúcares totales estimados (sacarosa, fructosa y glucosa), similar a lo encontrado por Oupadissakoon *et al.* (1980b) quienes reportaron, en granos de maní, un 85% de sacarosa sobre el total de azúcares.

Cuadro 14. Cuadrados medios de los análisis de varianza para los contenidos de sacarosa, fructosa, glucosa y azúcares totales en el grano de cultivares cosechado en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

	LOCALIDADES							
	El Tigre				Maracay			
F.V.	Sacarosa	Fructosa	Glucosa	Azúcares totales	Sacarosa	Fructosa	Glucosa	Azúcares totales
Cultivares	0,55**	0,01ns	0,06**	0,88**	0,02ns	0,001ns	0,000ns	0,04ns
Error	0,070	0,001	0,001	0,060	0,020	0,010	0,000	0,060
CV (%)	4,480	26,440	16,320	3,990	2,240	22,860	22,360	3,340

** : diferencias estadísticamente significativas a $p < 0,01$; ns: diferencias estadísticas no significativas

Los contenidos de azúcares en el grano de los 10 cultivares de maní estudiados se encontraron alrededor de los valores señalados en la literatura, aunque los de sacarosa fueron más bajos que los reportados en otros estudios. Se han señalado contenidos de estos azúcares en harina desgrasada entre 0,8 a 2,1% de glucosa, 0,40% de fructosa, de 1,9 a 5,2% de sacarosa y totales de 7,7 a 13,9% y entre 1,9 a 5,2% en grano seco (Vohra, 1989; Asibuo *et al.*, 2008).

Casini *et al.* (2003) presentaron rangos de sacarosa + fructosa + glucosa entre 6,16 y 14,29 g/100g con promedio de 10,72 g/100 g, y señalaron que los mismos fueron muy superiores a valores encontrados en maní en los EE.UU. con promedios entre 3,90 y 5,37 g/100 g. Silva *et al.* (2006) presenta medias de $0,58\% \pm 0,38$ de fructosa, $0,75\% \pm 0,44$ de glucosa y $10,17\% \pm 1,62$ sacarosa en maní cosechado en diversas localidades de Argentina. Se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de azúcares totales con el dulzor, así como con el atributo de maní tostado y negativa con el amargor (Pattee *et al.*, 2000b).

Se presentan los cultivares 5231, PI-337394 y PI-337409 como promisorios en cuanto a dulzor y menos amargos, pero podrían presentar una coloración más oscura al tostado. De acuerdo a Isleib *et al.* (2006) las diferencias en el contenido de azúcar fue el principal factor que afectó el color de la pasta de maní y los atributos sensoriales.

Cabe señalar que el cultivar alto oleico (OL-01) no resultó diferente de los demás cultivares normales con respecto a los contenidos de los azúcares estudiados (Cuadro 15). Al respecto, Isleib *et al.* (2006) si encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los cultivares alto oleicos y de aceite normal para los contenidos de sacarosa (2,852 vs 3,023 g/100g) y azúcares totales (3,355 vs 3,560%), respectivamente; sin embargo, señalan que esas diferencias no eran esperadas.

El análisis en conjunto (Cuadro 16) reveló diferencias significativas entre localidades para los contenidos de los tres carbohidratos determinados, así como para el total. Todos los azúcares determinados, así como la suma de los tres resultaron más elevados en los cultivares sembrados Maracay, que en El Tigre ($p < 0,013$) (Cuadro 15), indicando una influencia ambiental sobre los mismos. Al respecto, en contraste al contenido de aceite y a las concentraciones de ácidos grasos, la variación genética reportada por Isleib *et al.* (2008) en el contenido de azúcares fue baja, y señalan preponderancia de variación ambiental para las concentraciones de sacarosa (69%), total de azúcares (68%) y otros azúcares.

La baja variación genética para el contenido total de azúcares hace un reto su modificación. La influencia ambiental en el total de azúcares lleva a la interrogante de cuál es el ambiente específico que produce la variación.

Los contenidos de sacarosa, así como de azúcares totales también revelaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$) y para la interacción localidad x tratamiento ($p < 0,0001$), (Cuadro 16).

La correlación entre los contenidos de sacarosa y azúcares totales (sacarosa, glucosa y fructosa) fue de 0,94 ($p < 0,001$), lo cual era de esperarse por ser el azúcar de mayor cuantía encontrado en los granos de los cultivares bajo estudio. Geater *et al.* (2000) observaron diferencias significativas entre 23 cultivares de soya y entre localidades en un año de estudio para el contenido de azúcares de cultivares de semilla pequeña. Estos autores señalan que la importancia relativa de los dos factores dependerá de la diversidad de genotipos probados y de los ambientes estudiados.

Cuadro 15. Comparación de medias para los contenidos de sacarosa, fructosa, glucosa y azúcares totales en el grano de diez cultivares de maíz cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

Cultivares	Sacarosa			Fructosa			Glucosa			Azúcares totales		
	El Tigre	Maracay	Prom	El Tigre	Maracay	Prom	El Tigre	Maracay	Prom	El Tigre	Maracay	Prom
San Martín	4,667 B ¹	6,183	5,430 A	0,167	0,317	0,240	0,283 C	0,633	0,460	5,117 C	7,133	6,130 A
Raleigh Acc.323	5,433 A	6,083	5,760 AB	0,183	0,333	0,260	0,400 BC	0,450	0,430	6,016 AB	6,866	6,440 AB
OL-01	5,667 A	6,133	5,900 BC	0,167	0,367	0,270	0,283 C	0,583	0,430	6,117 AB	7,083	6,600 ABC
TMV-2	5,800 A	6,233	6,020 BC	0,167	0,383	0,280	0,283 C	0,650	0,470	6,250 AB	7,266	6,760 BC
PI-337409	5,933 A	6,100	6,020 BC	0,200	0,417	0,310	0,660 A	0,433	0,550	6,793 A	6,950	6,870 BC
Spanish 503	5,950 A	6,033	5,990 BC	0,283	0,367	0,330	0,517 AB	0,533	0,530	6,750 AB	6,933	6,840 BC
Tamrun 96	5,967 A	6,200	6,080 BC	0,150	0,357	0,250	0,283 C	0,550	0,420	6,400 AB	7,107	6,750 BC
5231	6,000 A	6,183	6,090 BC	0,233	0,347	0,290	0,583 AB	0,450	0,520	6,816 A	6,980	6,900 BC
15607	6,033 A	6,083	6,060 BC	0,267	0,413	0,340	0,433 BC	0,550	0,490	6,733 AB	7,046	6,890 BC
PI-337494	6,083 A	6,250	6,170 C	0,190	0,367	0,280	0,567 AB	0,477	0,520	6,840 A	7,094	6,970 C
Prom	5,750 B	6,150 A	5,950	0,167	0,370	0,290	0,429 B	0,531 A	0,482	6,380 B	7,050 A	6,715

¹: medias con igual letra en la misma columna no presentan diferencias significativas entre sí (p < 0,05); *: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL-01, Prom= promedio.

Cuadro 16. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado para los contenidos de azúcares totales, sacarosa, fructosa y glucosa en el grano cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

F.V.	gl	TOT	SAC	FRU	GLU
LOCALIDAD	1	6,59**	2,34 **	0,41 **	0,16 **
TRAT	9	0,41**	0,28 **	0,01 ns	0,01 ns
LOCALIDAD*TRAT	9	0,52**	0,29 **	0,01ns	0,07 **
Error	36	0,06	0,04	0,00	0,01
CV		3,65	3,47	24,71	20,3

Leyenda: TOT= sacarosa + fructosa + glucosa, SAC=sacarosa, FRU=fructosa, GLU=glucosa, CV= coeficiente de variación.

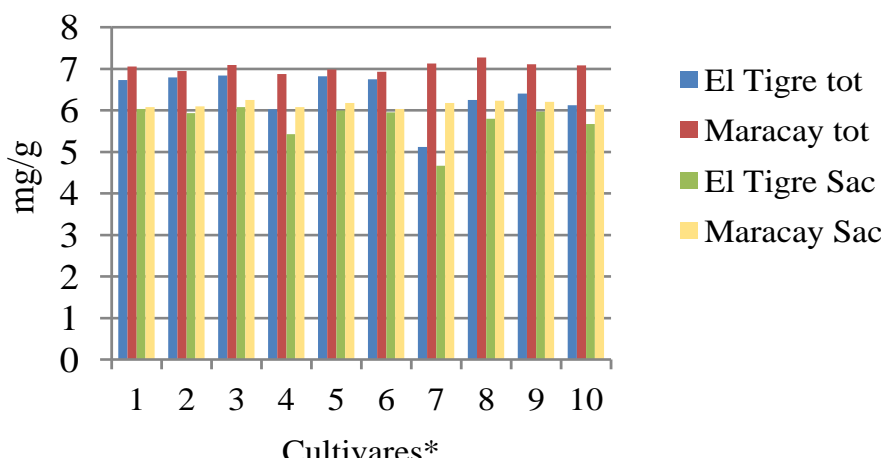


Figura 29. Contenido de sacarosa (Sac) y sacarosa + fructosa + glucosa (tot) en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

En los contenidos de sacarosa del grano de los cultivares estudiados se observó uniformidad, tanto en Maracay como en El Tigre. En esta última localidad, los cultivares Raleigh Acc.323 y San Martín presentaron una baja, evidenciándose interacción localidad x tratamiento ($p < 0,0001$), (Cuadro 16); la cual fue dada en éstos cultivares, más que en los otros estudiados. La misma tendencia se observó para la suma de sacarosa, fructosa y glucosa (Fig. 29). Por su parte, Geater *et al.* (2000) no encontraron significativa la interacción localidad x tratamiento para el contenido de azúcares de 23 cultivares de soya, indicando consistencia de los cultivares entre localidades.

En la Figura 30 se percibe el comportamiento de los cultivares en las dos localidades, en cuanto a los valores de fructosa y glucosa, en ambos casos se observa mayor variación en la localidad de El Tigre, y mayor aún para el contenido de glucosa. Isleib *et al.* (2008) reportaron que gran parte de la variación para las concentraciones de fructosa y glucosa fue el error residual asociado a muestras específicas. Estos azúcares presentaron coeficientes de variación elevados de 24,71 y 20,30%, respectivamente (Cuadro 16). La fructosa y la glucosa ocurrieron en bajas concentraciones, en concordancia con lo reportado por Latham (1997) con promedios de 0,290 y 0,482 %, respectivamente. La sacarosa es sometida a una hidrólisis de estos dos monosacáridos (fructosa y glucosa), los cuales a su vez reaccionan con aminoácidos libres para dar lugar a características de sabor del maní tostado.

La suma de sacarosa, fructosa y glucosa (azúcares totales), fue dada por los contenidos de sacarosa, los mismos fueron altamente correlacionados ($r=0,94$, $p < 0,001$). El contenido de azúcares totales resultó positivamente correlacionado con el contenido de proteínas con $r=0,65$ ($p < 0,001$), también resultó importante y positiva su correlación con los azúcares en particular (sacarosa, fructosa y glucosa), con coeficientes de correlación de 0,53, 0,72 y 0,39; respectivamente ($p < 0,0001$).

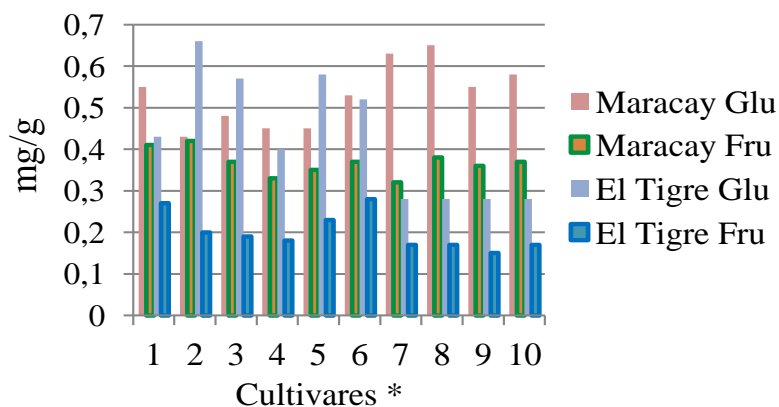


Figura 30. Contenido de fructosa (Fru) y glucosa (Glu) en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

*: 1=15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

Por su parte, la correlación entre azúcares y proteínas reportada por Shanmugasundaram *et al.* (2001) fue negativa y significativa en solo 6 de los 20 ambientes por ellos analizados.

El contenido de azúcares totales (sacarosa + fructosa + glucosa) fue correlacionado de manera negativa, importante y significativa ($r=-0,65$, $p < 0,001$) con la humedad del grano, lo que podría indicar un aumento de los mismos a medida que la semilla madura y pierde humedad en las últimas fases de maduración y cosecha. Así mismo, los niveles de sacarosa varían durante el desarrollo de la semilla, en los primeros estadios los niveles de sacarosa son altos y los de aceite bajos, mientras que a la madurez el contenido de sacarosa disminuye y aumenta el de aceite. En el grano de los cultivares en estudio el contenido de aceite resultó relacionado negativamente con los porcentajes de sacarosa ($r=-0,31$, $p < 0,02$) y con la suma de sacarosa, fructosa y glucosa ($r=-0,34$, $p < 0,01$). También Shanmugasundaram *et al.* (2001) encontraron correlación entre contenidos de azúcares y aceite, pero con una magnitud

de $r = -0,50$ ($p < 0,0001$) y señalan que la misma fue negativa y significativa en 15 de 20 ensayos de soya por ellos probados. Por su parte, también en soya, Hymowitz *et al.* (1972) encontraron una asociación positiva entre los azúcares totales y los contenidos de aceite y cada uno de ellos negativa y significativamente correlacionado con el contenido de proteínas, al igual que los resultados obtenidos, a pesar de esa significación señalan que una considerable variación en el total de azúcar no fue explicado por el coeficiente de determinación.

Al respecto, Geater *et al.* (2000) señalaron que la asociación entre azúcar total y aceite estuvo grandemente influenciada por el tamaño de la semilla de soya. Encontraron una correlación negativa entre las dos variables ($r = -0,42$), cuando los cultivares de semilla pequeña fueron incluidos en los análisis y una correlación positiva de ($r = 0,23$) cuando los mismos fueron excluidos. Los mismos autores señalan que las asociaciones entre total de azúcares y fibras y entre fibra y tamaño de la semilla, fue muy influenciada por las asociaciones entre azúcares con proteínas y aceite.

Casini *et al.* (2003) encontraron al rendimiento de semilla seca como variable predictiva (coeficiente negativo) del contenido de azúcares. Al igual que para el peso de 100 semillas, el cual presentó correlación de 0,32 ($p < 0,01$) y 0,30 ($p < 0,01$) con los rendimientos en cáscara, por parcela como por planta, respectivamente; el contenido de azúcares totales (sacarosa + fructosa + glucosa) mostró una relación importante, negativa y significativa con el rendimiento por parcela de maní en cáscara ($r = -0,70$, $p < 0,001$), y el rendimiento en cáscara por planta ($r = -0,50$, $p < 0,001$), (Anexo 6).

McMeans *et al.* (1990) encontraron una disminución de los contenidos de azúcares totales con el incremento del tamaño de la semilla. En este sentido, la longitud de la semilla se correlacionó significativamente con el peso de 100 semillas en magnitud de $r = 0,40$ ($p <$

0,001), y este último resultó correlacionado de manera negativa y significativa ($r=-0,26$, $p < 0,05$) con el total de azúcares (sacarosa + fructosa + glucosa), así como con el contenido de sacarosa ($r = -0,28$, $p < 0,03$), (Anexo 4). No fue encontrada relación directa entre las dimensiones de la semilla (ancho y largo) con los contenidos de azúcares.

En El Tigre, los cuatro cultivares de menores pesos de 100 semilla (Anexo 3) corresponden a *fastigiata*; así como, en Maracay y con los datos en conjunto se observa esta tendencia. Estos cultivares se caracterizan por presentar semillas pequeñas. Dentro de los cultivares de la subespecie *fastigiata* en El Tigre no fueron observadas diferencias significativas en el peso de 100 semillas ($p < 0,107$), encontrándose rangos entre 67,19 y 96,71 g (CV=16,55). Tampoco hubo diferencias para el contenido de sacarosa (de 5,80 a 6,08 g/100 g), ni para la fructosa (de 0,17 a 0,28 g/100 g). Sin embargo, si resultó significativa la diferencia entre cultivares para el contenido de glucosa ($p < 0,01$) y para los azúcares totales ($p < 0,05$).

Por su parte, los cultivares de la subespecie *hypogaea*, en la misma localidad, los pesos de 100 semillas (rangos de 91,92 a 117,57 g) tampoco presentaron diferencias significativas entre cultivares ($p < 0,104$), pero si resultó significativa la diferencia entre tratamientos para los contenidos de sacarosa ($p < 0,003$) (rangos de 4,67 a 6,00 g/100 g) y para los de glucosa ($p < 0,001$) (de 0,28 a 0,58 g/100 g). En esta localidad también resultó significativa ($p < 0,001$) la cantidad de azúcares totales del grano de los cultivares *hypogaea*. No se encontraron diferencias significativas para los valores de fructosa ($p < 0,333$). En Maracay para las variedades de maní de la subespecie *fastigiata* no fueron encontradas diferencias significativas para los pesos de 100 semillas, así como tampoco para los azúcares individuales y totales. Por su parte, los cultivares *hypogaea* resultaron con diferencias significativas en los pesos de 100 semillas ($p < 0,001$), pero no se encontraron diferencias en ninguno de los azúcares determinados.

Sin embargo, la media general para las dimensiones de la semilla (largo y ancho) y para el peso de 100 semillas (g) resultaron todos más bajos en los cultivares *fastigiata* que para los de la subespecie *hypogaea* (Anexo 3). Por su parte, todos los azúcares en particular, así como la suma de los mismos (Cuadro 17) resultaron mayores en los cultivares (*fastigiata*), lo que concuerda con lo reportado por Casini *et al.* (2003), Golombek *et al.* (1995) y McMeans *et al.* (1990). Al respecto, McMeans *et al.* (1990) dentro de cada categoría de tamaño de semilla encontraron una disminución en los contenidos de azúcares solubles con incrementos en las temperaturas del suelo.

Cuadro 17. Estadística básica de las dimensiones, peso de 100 semillas (g) y azúcares (mg/g) en los granos de cultivares *fastigiata* e *hypogaea* cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

SUBESPECIE	N=60	LONG	ANC	P100S	SAC	FRU	GLU	TOT
<i>fastigiata</i>	Promedio	124,20	91,17	73,82	6,05	0,31	0,51	6,87
	Desv. Est.	19,39	24,69	24,36	0,21	0,12	0,13	0,31
<i>hypogaea</i>	Promedio	155,20	94,77	104,73	5,85	0,26	0,45	6,56
	Desv. Est.	23,96	5,27	20,67	0,52	0,11	0,16	0,67

Leyenda: LONG=longitud, ANC, ancho, P100S= peso de 100, SAC=sacarosa, FRU=fructosa, GLU=glucosa, TOT= sacarosa + fructosa + glucosa

Parte del efecto de las precipitaciones podría atribuirse al enfriamiento del suelo que éstas producen, lo cual activa la síntesis de ácido giberélico que hidroliza el almidón de la semilla, formando disacáridos y monosacáridos, tales como sacarosa, fructosa y glucosa. Esto puede ser la causa de los mayores contenidos de azúcares en Maracay, ya que siendo suelos menos arenosos retienen más humedad, con disminución de la temperatura y, además, los suelos arenosos como los de El Tigre calientan más rápido por tener una mayor capacidad calorífica,

con incrementos en las temperaturas del suelo (Luque y Avilán, 1976) y la disminución en los contenidos de azúcares solubles. Sin embargo, Casini *et al.* (2003) señalan que otros factores ambientales pueden influir en el contenido de azúcares de la semilla de maní.

Correlaciones positivas y significativas fueron encontradas entre la incidencia de *A. niger* y *A. terreus* con el contenido de fructosa con $r=0,28$ ($p < 0,03$) y $r=0,35$ ($p < 0,01$), respectivamente; así como entre la producción de aflatoxinas y el contenido de glucosa del grano ($r=0,22$, $p < 0,08$). Esto indica que la fructosa es una buena fuente de carbono para el crecimiento del hongo. También se observa que la glucosa mostró una influencia en la producción de aflatoxinas; este azúcar fue señalado como la fuente de carbono que dio los mayores niveles de aflatoxinas con *A. parasiticus*, en comparación con otros azúcares (Klich, 2007).

MINERALES Y MICROELEMENTOS

Los análisis de la varianza para los contenidos de calcio, fósforo, hierro y magnesio (Cuadro 18) arrojaron diferencias significativas solo para el calcio ($p < 0,009$) y el fósforo ($p < 0,026$) en el grano de los cultivares cosechados en la localidad de El Tigre.

Cuadro 18. Cuadros medios de los análisis de varianza para los contenidos de calcio, fósforo, hierro y magnesio del grano de cultivares de maní cosechados en Maracay (Edo. Aragua) y en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y el combinado de las dos localidades.

F.V.	LOCALIDADES						Combinado				
	El Tigre			Maracay			LOC	TRAT	LOCxTRAT	Error	CV (%)
	TRAT	Error	CV (%)	TRAT	Error	CV (%)					
Calcio	0,526**	0,144	18,625	0,179ns	0,162	31,813	8,95**	0,4**	0,3*	0,15	23,69
Fósforo	0,002**	0,001	8,907	0,006ns	0,009	18,993	0,47**	0,004ns	0,003ns	0,004	17,13
Hierro	0,0000ns	0,0000	14,885	0,0000ns	0,00	35,3	0,00038**	0,00 ns	0,00 ns	0,00000	20,89
Magnesio	0,0000ns	0,0001	6,556	0,0001ns	0,0002	9,885	0,0027**	0,0001ns	1,00 ns	0,0002	8,35

Leyenda: CV= coeficiente de variación

El promedio del contenido de calcio de los 10 cultivares sembrados en El Tigre y Maracay resultó en 1,65% ($\pm 0,596$) con contenido mínimo de 0,73 y máximo de 3,09%. Por su parte, en El Tigre la media en el contenido de Ca fue de 2,04 mg/g ($\pm 0,50$) y determinaciones con entre 1,06 y 3,09 mg/g; mientras que en Maracay el promedio en el contenido de Ca alcanzó 1,27 mg/g $\pm 0,40$ y un mínimo de 0,73 y un máximo de 2,20 mg/g (Cuadro 19).

De acuerdo a la prueba de medias, en El Tigre ($p < 0,009$) el cultivar alto oleico (OL-01) tuvo un 2,823 mg/g con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a los cultivares San Martín, TMV-2 y Spanish 503 con 1,700, 1,577 y 1,523 mg/g de calcio; respectivamente. Otro grupo de cultivares intermedios presentaron rangos entre 2,420 y 1,833 mg/g (Cuadro 19).

En la localidad de Maracay, el cultivar OL-01 resultó con 1,650 mg/g de Ca superado por el cultivar 15607 con 1,663 mg/g. Este último en El Tigre obtuvo un contenido intermedio de este elemento con 1,93 mg/g. El menor contenido Ca en Maracay se obtuvo en el cultivar Tamrun 96 con 0,950 mg/g, mientras que en El Tigre presentó 2,407 mg/g.

Cuadro 19. Comparación de medias para los contenidos de calcio, fósforo, hierro y magnesio en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

Tratamientos	Calcio		Fósforo		Hierro		Magnesio			
	El Tigre	Maracay	El Tigre	Maracay	El Tigre	Maracay	El Tigre	Maracay		
OL-01	2,823	A	1,647	0,293	AB	0,397	0,008	0,003	0,166	0,153
TMV-2	2,420	AB	1,207	0,353	A	0,477	0,008	0,004	0,167	0,147
Tamrun 96	2,407	AB	0,950	0,307	AB	0,527	0,008	0,004	0,168	0,153
Raleigh Acc.3	2,203	AB	0,993	0,283	AB	0,447	0,009	0,004	0,158	0,147
PI-337494	1,960	AB	1,360	0,323	AB	0,533	0,009	0,004	0,157	0,140
15607	1,930	AB	1,663	0,327	AB	0,487	0,008	0,003	0,165	0,157
5231	1,833	AB	1,167	0,307	AB	0,467	0,008	0,005	0,164	0,150
San Martín	1,700	B	1,213	0,257	B	0,533	0,008	0,004	0,158	0,143
Pi-337409	1,577	B	1,353	0,330	AB	0,480	0,010	0,003	0,163	0,147
Spanish 503	1,523	B	1,100	0,317	AB	0,520	0,009	0,003	0,166	0,160
Prom.	2,038	B	1,265	0,310	AB	0,487	0,009	0,004	0,163	0,150

1: medias con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas a $p < 0,05$.

El análisis combinado (Cuadro 18) arrojó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,019$) y entre localidades ($p < 0,0001$), siendo la media en los contenidos de Ca del grano de 2,04 mg/g en El Tigre y de 1,27 mg/g en Maracay. Cabe señalar que el suelo del ensayo de El Tigre fue encalado a razón de 900 Kg/ha. La práctica del encalado en los suelos de las sabanas orientales es necesaria por la elevada acidez del suelo y en el cultivo del maní es obligatoria, ya que constituye el principal nutriente para el desarrollo del fruto. Los requerimientos de calcio de los frutos de maní es alcanzado por la toma directa de este elemento desde el suelo por los ginóforos y frutos subterráneos (Beringer y Taha, 1976).

La prueba de medias señala al cultivar OL-01 con el mayor contenido de calcio (2,24 mg/g) y los cultivares Spanish 503, San Martín y PI-337409 presentaron los menores contenidos promedio de este elemento con 1,31, 1,46 y 1,47 mg/g, respectivamente. El contenido de ácido oleico fue correlacionado positivamente con el contenido de calcio ($r = 0,28$, $p < 0,03$) pudiendo indicar que este ácido graso induce un incremento de calcio en el grano.

La interacción localidad x tratamiento fue significativa a $p < 0,071$. En la Figura 31 se observa la tendencia de los 10 cultivares en cuanto al contenido de Ca en ambas localidades, la interacción fue más evidente en los cultivares Raleigh Acc.323, TMV-2 y Tamrun 96.

Los valores de calcio encontrados en el grano procedente de El Tigre y en tres cultivares de Maracay (OL-1, 15607 y el PI-337394) superan a los encontrados por otros autores, los cuales señalan rangos entre 0,44 y 1,34 mg/g (Asibuo *et al.*, 2008) y entre 0,56 a 1,20 mg/g (Silva *et al.*, 2006), por su parte Atasie *et al.* (2009) encontraron un 2,28 mg/g ($\pm 1,94$) de Ca en los cultivares por ellos estudiados. Ozcan (2010) en maní determinó Ca entre los rangos de 0,65 y 8,94 mg/g. Los factores que influyen en la sensibilidad de los cultivares de maní al Ca del suelo incluyen el tamaño del fruto, volumen del suelo por fruto (dependiendo del hábito de crecimiento) y atributos de la pared del fruto.

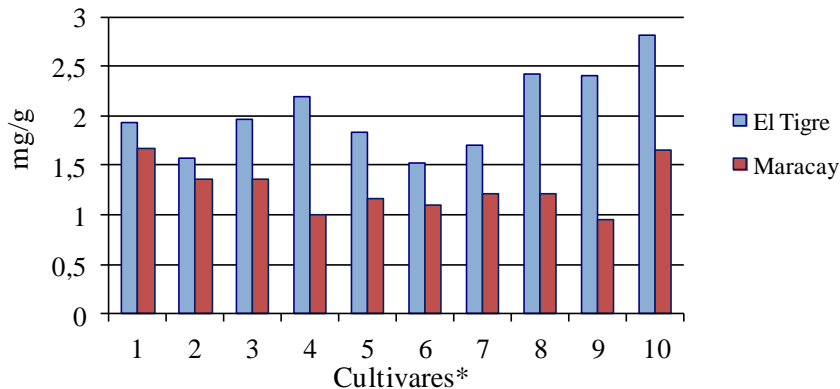


Figura 31. Contenidos de calcio en el grano de maní de 10 cultivares cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

En el Anexo 4 son presentados los coeficientes de correlación de los elementos químicos estudiados, y las demás variables químicas. En este sentido, el contenido de calcio encontrado en el grano de maní mostró correlación importante, significativa y negativa con el contenido de P de $r = -0,56$ ($p < 0,0001$) y proteínas con coeficiente $r = -0,60$ ($p < 0,0001$), y positiva con el aceite con $r = 0,40$ ($p < 0,0001$).

El contenido de Ca en el grano también se correlacionó de manera negativa y significativa con los ácidos esteárico ($r = -0,48$, $p < 0,0001$), arachídico ($r = -0,41$, $p < 0,001$), linoleico ($r = -0,24$, $p < 0,06$) y behémico ($r = -0,24$, $p < 0,07$). En este sentido se ha encontrado que cuerpos lipídicos de semillas de maní procedentes del cultivo en medio deficiente de calcio y con 4 meq de Ca intercambiable tuvieron una disminución en los contenidos de fosfolípidos y un incremento simple en los contenidos de lípidos (Inanaga *et al.*, 1990). También, Rahman (2006) observó que contenido de aceite aumentó con dosis crecientes de calcio en el suelo. Por su parte, también Inanaga *et al.* (1990) encontraron que semillas procedentes de medio

deficiente en calcio, tuvieron menos aceite y un aumento en el contenido de azúcares. No encontraron ningún efecto de la deficiencia de Ca en la composición de los ácidos grasos de los triglicéridos.

La relación encontrada de este elemento con los azúcares estudiados fue negativa y altamente significativa, siendo mayor con fructosa $r=-0,56$ ($p < 0,001$) y glucosa $r=-0,45$ ($p < 0,001$) e intermedia con sacarosa $r=-0,45$ ($p < 0,001$).

El contenido de calcio en el grano presentó una correlación bastante alta, positiva y altamente significativa con el rendimiento en cáscara por parcela con $r = 0,63$ ($p < 0,0001$), así como el rendimiento por planta con $r = 0,61$ ($p < 0,0001$). Se conoce que los minerales y entre ellos el calcio, son importantes no solo para la nutrición humana y animal, sino para la planta también, para la obtención de buenos rendimientos de maní en cáscara de calidad, el calcio debe estar presente desde la floración temprana en adelante (Mazzani, 1983).

Inanaga *et al.* (1990) encontraron que el tratamiento de sin Ca produjo el más bajo número de semillas. Así mismo, observaron que las deficiencias de K y Ca produjeron los menores pesos secos de semillas cosechada a los 80 días. Rahman (2006) encontraron que deficiencias de calcio en el suelo dieron incrementos menores de peso de semilla. Sin embargo, no se encontró correlación entre el contenido de Ca en el grano y el peso de 100 semillas.

El contenido de fósforo en el grano de los cultivares en ambos ambientes resultó bajo, con una media de $0,40 \pm 0,11$ mg/g, y determinaciones entre 0,24 y 0,66 mg/g. En El Tigre, la prueba de medias ($p < 0,05$) mostró al cultivar TMV-2 el más alto valor con 0,353 mg/g, mientras que el cultivar San Martín tuvo el menor contenido de P con 0,257 mg/g. En Maracay, fue detectada una menor variación en el contenido de P en el grano de los cultivares, el San Martín presentó el mayor contenido de P (0,533 mg/g), al igual que el

cultivar PI-337394, mientras que el cultivar OL-01 presentó 0,397 mg/g, pero sin diferencias estadísticas entre ellos (Cuadro 19).

El análisis combinado (Cuadro 18) mostró diferencias altamente significativas entre localidades ($p < 0,0012$), siendo la media en Maracay mayor (0,49 mg/g) que en El Tigre (0,31 mg/g), lo cual se puede observar claramente en la Figura 32, en la misma muestra una tendencia diferencial entre algunos de los cultivares estudiados, aunque la interacción localidad x tratamiento no resultó estadísticamente significativa. Se han reportado contenidos promedio de P de 4,010 mg/g en granos de maní crudos (Latham, 1997). Özcan (2010) encontró contenidos de fósforo en cultivares de maní entre 2,779 mg/g a 3,784 mg/g con media de 3,433 mg/g, y reporta valores mayores a los encontrados por el mismo anteriormente. Por su parte, Atasié *et al.* (2009) señalan promedios de $0,106 \pm 0,0068$ mg/g. Shad *et al.* (2009) reportan fósforo total en $0,070 \pm 0,0036$ a $0,0889 \pm 0,0038$ mg/g.

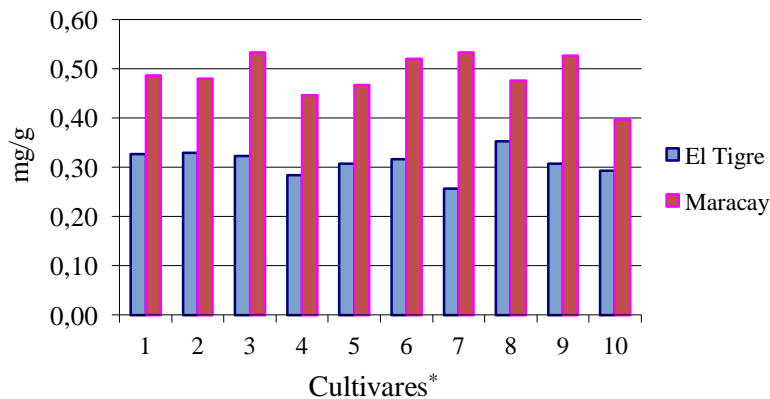


Figura 32. Promedio de los contenidos de fósforo en el grano de 10 cultivares de maní cosechados en El Tigre (Edo. Anzoátegui) y en Maracay (Edo. Aragua).

*: 1= 15607, 2= PI-337409, 3= PI-337394, 4= Raleigh Acc.323, 5= 5231, 6= Spanish 503, 7= San Martín, 8= TMV-2, 9= Tamrun 96, 10= OL 01.

Los contenidos de hierro y magnesio se correlacionaron negativa y significativamente con los de P con coeficientes de $r=-0,76$ ($p < 0,001$) y $r=-0,42$ ($p < 0,001$); respectivamente. La misma relación fue encontrada para el contenido de aceite con $r=-0,58$ ($p < 0,001$).

Con respecto a los contenidos de hierro y magnesio, los mismos no presentaron diferencias entre cultivares en ninguna de las dos localidades en estudio (Cuadro 18). El promedio en el contenido de hierro en las dos localidades fue bajo ($0,006 \text{ mg/g} \pm 0,003$), resultando, sin embargo, estadísticamente ($p < 0,0385$) mayor en el grano cosechado en la localidad de El Tigre ($0,009 \text{ mg/g}$), que en Maracay ($0,004 \text{ mg/g}$).

Por otra parte, los contenidos de magnesio en el grano de los cultivares cosechados en ambas localidades fue de $0,16 (\pm 0,011)$, siendo la media de El Tigre ($0,16 \text{ mg/g}$) mayor que en Maracay ($0,15 \text{ mg/g}$) a $p < 0,0385$.

Asibuo *et al.* (2008) en el grano de 20 cultivares encontraron rangos entre $0,02$ a $0,037 \text{ mg/g}$ y un promedio de $0,028 \text{ mg/100 g}$ para el contenido de hierro y entre $3,08$ a $4,56 \text{ mg/100 g}$ para magnesio. La FAO señala en grano de maní crudo un contenido de hierro $0,04585 \text{ mg/g}$ y de magnesio de $1,693 \text{ mg/g}$ (Latham, 1997).

La presencia de calcio, hierro, fósforo y magnesio en el grano de los cultivares de maní estudiados es un buen indicativo del valor nutritivo del maní.

Por otra parte, es importante conocer las relaciones entre fuentes nutricionales y la incidencia de mohos y contenidos de aflatoxinas. Se encontró correlación entre el contenido P y la incidencia de *A. niger* en el grano de los cultivares de manera positiva con $r=0,27$ ($p < 0,04$). Contrariamente, el Ca fue correlacionado de manera negativa tanto con la incidencia de mohos totales, como con *A. niger*, ambas con $r=-0,28$ y $p < 0,03$. El Fe del grano se correlacionó positivamente en una magnitud de $r=0,30$ ($p < 0,02$) con *A. terreus*.

Klinch (2005) reporta una nula producción de aflatoxinas en ausencia de minerales como el zinc y el magnesio y una reducción drástica en ausencia de hierro y molibdeno. Raybaudi *et al.* (2005) estudiando la relación entre los niveles de algunos metales en el suelo y en granos con la incidencia de mohos y la concentración de micotoxinas encontraron correlación entre el contenido de aflatoxinas y contenidos de hierro en el suelo y en los granos cosechados en dos localidades diferentes. En nuestro caso, no fueron encontradas correlaciones significativas entre los contenidos de los elementos en el grano y los de aflatoxinas.

CONSIDERACIONES FINALES

El presente estudio reiteró la susceptibilidad del maní a la colonización por *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y otras especies de mohos presentes en los ambientes de siembra de los ensayos de campo.

Las especies del género *Aspergillus* encontradas en el suelo de los ambientes estudiados, estuvieron en cantidades suficientes para causar colonización desde el campo. Esto es importante tanto para el producto sea destinado al consumo directo de los granos, como a la agroindustria.

La población de especies de *Aspergillus* en el suelo de los ensayos de campo aumentó consistentemente en el segundo muestreo. La presencia del cultivo aumentó las poblaciones de los mohos; siendo, el incremento en la población mayor en los ambientes inoculados con *A. flavus* que en los no inoculados. Sin embargo, la inoculación no ocasionó toxicidad por aflatoxinas en las muestras de granos analizados.

Las bajas poblaciones de *A. flavus* en presencia de *A. niger* sugieren una relación antagónica de ambos, y suprimiendo este último la producción de aflatoxinas. Cuidadosos estudios sobre la producción de toxinas de este moho tienen que ser realizados.

No fue detectada una clara relación entre los contenidos de aflatoxinas y el perfil de ácidos grasos del grano de los cultivares estudiados, tanto de de composición de aceite normal como el alto oleico. En lo que respecta a la incidencia de mohos en los granos, la misma estuvo influenciada por la composición del aceite, y afectada en relación directa con la saturación del grano.

La colonización del grano con mohos totales y la producción de aflatoxinas de los diferentes genotipos estudiados cambió con los ambientes de siembra. Los factores ambientales juegan papel primordial en la contaminación de los granos con mohos y aflatoxinas. Las variaciones observadas con los resultados de este trabajo, podrían ser por diferencias en las condiciones de humedad de suelo y temperaturas ambientes durante la maduración del maní (Anexo 1).

Sin embargo, algunos cultivares (Raleigh Acc. 323 y OL-01) fueron consistentes con bajas incidencias de mohos, según el orden en pruebas de medias. La colonización de *A. flavus* fue baja en los granos de los cultivares Tamrun 96 y 15607 en los tres ambientes; los testigos resistentes (PI-337409 y PI-337394) se observaron con bajas incidencias de este moho, así como bajos contenidos de aflatoxinas en su grano. El genotipo Spanish 503 presentó la menor producción de aflatoxinas, y la mayor colonización por *A. flavus*; mohos totales y *A. niger*, pudiendo este último haber afectado la producción de la toxina. El cultivar alto oleico (OL-01) presentó mayores valores de aflatoxinas que los otros genotipos, pero la magnitud de la diferencia varió entre los ambientes en estudio.

Los niveles de incidencia de los mohos y la producción de aflatoxinas en los granos de los diferentes genotipos, con respecto al ambiente de siembra y su interacción, hace que los genotipos deban seguir siendo evaluados en diferentes ambientes, y por varios años, para identificar cuidadosamente genotipos resistentes y probar su estabilidad en diversas localidades. Se debe dar prioridad a áreas sujetas a déficits de humedad, de suelos livianos, arenosos, como las de las zonas maniceras en Venezuela, las cuales proveen un ambiente favorable para el desarrollo de *A. flavus* y la infección de los granos.

El perfil de ácidos grasos encontrado en los 10 cultivares el maní, da cuenta de la presencia de un aceite bajo en grasas saturadas, rico en grasas monoinsaturadas (como el ácido oleico) y poliinsaturadas, como el linoleico (omega 6), esencial para el ser humano. Además, el

contenido y la condición de los ácidos grasos poliinsaturados en el aceite es indicador importante de calidad. Las altas relaciones oleico/linoleico en el maní confiere ventajas a la salud y aumenta significativamente los atributos nutricionales, que son de beneficio aún cuando el maní se consuma como nuez o confitero. Su alto contenido de aceite, lo hace fuente importante de calorías.

Los cultivares 5231, San Martín y Raleigh Acc. 323 presentaron buena calidad de aceite, de baja saturación, altos contenidos de ácido oleico, relación O/L mayores a 2; todos con bajos contenidos de proteína y bajo de azúcares. Sin embargo, su comportamiento en relación a la incidencia de mohos en sus granos fue errático. La variedad alto oleico presentó las mejores características de la química del aceite, comparado con los cultivares de ácido oleico normal; presentó una mayor proporción ins/sat y O/L; así como los menores contenidos de ácidos grasos saturados; a pesar que el ácido palmítico fue el que mejor se relacionó negativamente con el ácido oleico, los demás ácidos saturados también decrecieron.

Algunos factores de composición del grano de los 10 cultivares afectaron la incidencia de mohos y producción de aflatoxinas; por lo que se puede apuntar que estos no actúan de manera independiente, y que haya complejas interacciones que hacen difícil su interpretación. El desarrollo de mohos y la producción de aflatoxinas ocurren en ambientes favorables, en presencia de nutrientes, bajo condiciones adecuadas a su metabolismo, y son influenciados por competencia microbiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrar, M. 2009. Occurrence of Aflatoxin in Groundnut and Spices During Storage. PhD Thesis. National Institute of Science and Technology, University of Agriculture, Faisalabad. Abstract. Consultado 19 abr. 2010. Disponible en: <http://eprints.hec.gov.pk/2774/1/62S.htm>
- Ahmed, EH; CT Young. 1982. Composition, nutrition and flavor of peanut. p. 655-687. In Peanut Science and Technology. Eds. H E. Pattee; C.T. Young. Science Peanut Research and Education Society Inc. Yoakum, Texas. 621 p.
- Ajay, BC; VP Kusuma; MVC Gowda. 2008. Evaluation of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Varieties for Nutritional Traits. Karnataka J. Agric. Sci. 21(2): 262-263. Consultado 30 jun. 2009. Disponible en: <http://203.129.218.157/ojs/index.php/kjas/article/viewFile/607/583>.
- Andersen PC.; DW Golbert. 2002. Influence of year and planting date on fatty acid chemistry of high oleic acid and normal peanut genotypes. J Agric Food Chem. 50(5): 1298-1305.
- Andersen, PC; K.Hill; DW Gorbet DW; BV Brodbeck. 1998. Fatty Acid and Amino Acid Profiles of Selected Peanut Cultivars and Breeding Lines. J. Food Comp. Anal. 11(2): 100–111.
- Anderson WF; CC Holbrook; DM Wilson; ME Matheron. 1995. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. Peanut Science. 22(1): 29–32.
- Anderson WF; CC Holbrook; DM Wilson. 1996. Development of greenhouse screening for resistance to *Aspergillus parasiticus* infection and preharvest aflatoxin contamination in peanut Mycopathologia. 135 (2):115-118.
- Ashworth A. 2010. Efficacy and effectiveness of community-based treatment of severe malnutrition. World Health Organization. Technical Background Paper. 36 p. Consultado 29 jun. 2010. Disponible en: http://www.who.int/nutrition/topics/backgroundpapers_Efficacy_effectiveness.pdf
- Asibuo, JY; R Akromah; O Safo-Kantanka; HK Adu-Dapaah; S. Ohemeng-Dapaah; A Agyeman. 2008. Chemical composition of groundnut, *Arachis hypogaea* (L) landraces African Journal of Biotechnology. 7(13): 2203-2208 (en línea). Consultado 29 jun. 2009. Disponible en: <http://www.academicjournals.org/AJB>

- Asis, R; DL Barrionuevo; LM Giorda; ML Nores; MA Aldao. 2005. Aflatoxin production in six peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes infected with *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*, isolated from peanut production areas of Cordoba, Argentina J. Agric. Food Chem. 53(23): 9274-9280.
- Atasie VN, TF Akinhanmi; CC Ojiodu. 2009. Proximate Analysis and Physico-Chemical Properties of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Pakistan Journal of Nutrition 2: 194-197.
- Azaizeh, HA; RE Pettit; BA Sarr; TD Phillips. 1990. Effect of peanut tannin extracts on growth of *Aspergillus parasiticus* and aflatoxin production. Mycopathologia 110(3):125-132.
- Aziz NH, AM Shahin. 1997. Influence of other fungi on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in maize kernel. Journal of Food Safety 17(2):113–123.
- Bansal UK., DR. Satija, KL Ahuja. 1993. Oil composition of diverse groundnut (*Arachis hypogaea* L) genotypes in relation to different environments. Journal of the Science of Food and Agriculture 63 (1):17–19.
- Baird, RE. 1993. The Effects of Chemical Treatment, Harvest Date, and Specific Isolation Media on the Peanut Shell Mycobiota of Two Peanut Cultivars. Plant Dis. 77(1):736-741.
- Barros, G; ML Chiotta; A Torres; S Chulze. 2006. Genetic diversity in *Aspergillus parasiticus* population from the peanut agroecosystem in Argentina. Lett Appl Microbiol. (en línea). 42(6):560-566. In Pubmed Abstract on Line. Consultado 29 sept. 2008. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?term=17055099&cmd=search&db=pubmed>
- Beringer H.; MA Taha. 1976. ⁴⁵Calcium Absorption by Two Cultivars of Groundnut (*Arachis hypogaea*). Experimental Agriculture 12: 1-7
- Berry SK. 1982. Fatty Acid Composition of 16 Groundnut (*Arachis hypogaea*, L.) Cultivars grown under Malaysian Conditions Pertanika 5(1): 20-24
- Bindu, R; KGA Kumar. 2003. Impact of *Aspergillus* on metabolic status of groundnut (*Arachis hypogaea*) seed. Journal of Phytochemical Research 16(2): 227-229 (Abstract). In CAB Abstracts on Line. Consultado 09 abr. 2008. Disponible en: <http://www.cababstractsplus.org/google/abstract.Asp?AcNo=20053061018>

- Bruner, AC; S Jung; AG Abbott; GL Powell. 2001. The Naturally Occurring High Oleate Oil Character in Some Peanut Varieties Results from Reduced Oleoyl-PC Desaturase Activity from Mutation of Aspartate 150 to Asparagine. *Crop Science*. no. 41: 522-526.
- Burke JJ; J Chen; DL Rowland; TH Sanders; L Dean. 2009. Temperature Effects on Carbohydrates of Hydroponically-Grown Peanuts. *Peanut Science* 36: 150–156.
- Campos, Mondragón MG; AM Calderón; A Durán, Prado; LC Campos, Reyes; RM Oliart; J Ortega, García; LA Medina, Juárez; O Angulo. 2009. Composición nutricional de nuevas variedades de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.). *Grasas y Aceites* 60 (2): 161-167. Consultado 09 abr. 2010. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/562/576>
- Cardwell, KF; PJ Cotty. 2002. Distribution of *Aspergillus* section Flavi among field soils from the four agroecological zones of the Republic of Bénin, West Africa. *Plant Dis*. 86(3): 434-439.
- Casini, C; JL Dardanelli; MJ Martínez; M Balzarini; CS Borgogno; M Nassetta. 2003. Oil Quality and Sugar Content of Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) Grown in Argentina: Their Relationship with Climatic Variables and Yield. *J. Agric. Food Chem*. 51(21): 6309-6313.
- Cotty PJ. 1990. Effect of atoxigenic strains of *Aspergillus flavus* on aflatoxin contamination of developing cottonseed. *Plant Dis* 74:233-235.
- COVENIN. 1980. Alimentos para animales. Determinación de nitrógeno total por Kjeldahl. Norma venezolana COVENIN 1195:80. Ministerio de Salud. Fondonorma. Caracas. VE.
- COVENIN. 1983. Alimentos. Determinación de fósforo. Norma venezolana COVENIN 1178-83. 1195:80. Ministerio de Salud. Fondonorma. Caracas. VE.
- COVENIN. 2002. Aceites y grasas vegetales. Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases. Norma venezolana COVENIN 2281-2002. 2^{da} Revisión. Ministerio de Salud. Fondonorma. Caracas. VE.
- Diener, UL; RJ Cole; TH Sanders; GA. Payne; LS. Lee; MA. Klich. 1987. Epidemiology of aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. *Ann. Rev. Phytopathol*. 25(2): 249-270.

Doehlert DC; DT Wicklow; HW Gardner. 1993. Evidence implicating the lipoxygenase pathway in providing resistance to soybeans against *Aspergillus flavus*. *Phytopathology* 83: 1473–1477.

Dwivedi SL, R Jambunathan, SN Nigam, K. Raghunath, K. Ravi Shankar, GVS Nagabhushanam. 1990. Relationship of Seed Mass to Oil and Protein Contents in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Peanut Science* 17(2): 48-52.

Dwivedi SL; K Thendapani; SN Nigam. 1989. Heterosis and combining ability studies and relationship among fruit and seed characters in peanut. *Peanut Science* 16(1): 14-20.

Dwivedi SL; SN Nigam, RC Nageswara Rao, U Singh; KVS Rao. 1996. Effect of drought on oil, fatty acids and protein contents of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. *Field Crops Research* 48 (2-3): 125-133.

Dwivedi, SL; GVS Nagabhushanam; SN Nigam; K Raghunath; R Jambunathan; KL Sahrawat. 1993a. Germplasm enhancement for seed quality traits in groundnut. *Internacional Arachis Newsletter*. 14(1): 14.

Dwivedi, SL; SN Nigam; R Jambunathan; KL Sahrawat; GVS Nagabhushanam; K Raghunath. 1993b. Effect of genotypes and environments on oil content and oil quality parameters and their association in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Peanut Science* 20(1): 84-89.

Ewel, JJ; A Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. *Memorias Explicativas sobre el Mapa Ecológico*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ed.). Caracas, Venezuela. 59 p.

FAO. 2004. Código de prácticas para la prevención y reducción de la contaminación del maní (cacahuete) por aflatoxinas. Consultado 09 ago. 2008. <http://www.fao.org/docrep/meeting/008/j2262s/j2262s16.htm>

FAOSTAT. 2010. FAO Statistics (en línea). Food Agricultural Organization. Consultado 10 dic. 2010. Disponible en: <http://www.faostat.org>

Fávero, AP; CE Simpson; JFM Valls; NA Vello. 2006. Study of the Evolution of Cultivated Peanut through Crossability Studies among *Arachis ipaënsis*, *A. duranensis*, and *A. hypogaea*. *Crop Science*. 46:1546-1552.

- Fernández, PV; A Patriarca; O Locani; G Vaamonde. 2000. Natural co-occurrence of aflatoxins and CPA in peanut grown in Argentina. In International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins, (X, 2000, Sao Paulo, BRA). Program and Abstract Book. Eds. M. Sabino; D. Rodriguez Amaya; B. Corrêa. Instituto Adolfo Lutz, Sao Paulo, BRA. p. 139.
- Gangawane LV; Deshpande KB. 1975. Agronomic Treatments and Changes in the Rhizosphere Myco Flora of Groundnut. Proceedings of the Indian National Science Academy. Biological Sciences 41: 475-479.
- Geater CW; WR Fehr. 2000. Association of Total Sugar Content with Other Seed Traits of Diverse Soybean Cultivars. Crop Science 40:1552-1555.
- Geater CW.; W. Fehr; LA Wilson. 2000. Association of Soybean Seed Traits with Physical Properties of Natto Crop Science. 40 (6):1529-1534.
- Golombek D, R Sridhar, U Singh. 1995. Effect of soil temperature on the seed composition of three Spanish cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). J. Agric. Food Chem. 43, 2067-2070.
- Gonçalez, E; TN de Sousa; T dos Reis, A; S Aquino; JD Felicio; MH Rossi; H Fonseca; B Correa. 2006. Distribucao de fungus em amostras de amendoim do plantio à colheita. In Congresso Latino Americano de Micotoxicología, Encontro Nacional de Micotoxinas (ENM) e Simpósio em armazenagem qualitativa de grãos do Mercosul (SAG Mercosul), (V, XII, IV, 2006, Florianópolis, BRA). Livro de Resumos. Eds. V.G. Scussel; B.N.E. Giordano; V. Simao; M.W. da Rocha; K.C. Rodriguez e J.J.M. Xavier. UFSC, SLAM, ABRAPOS. Florianópolis, BRA. P. 186.
- Griffin G.J; RH. Ford; KH Garren. 1975. Relation of *Aspergillus flavus* colony growth on three selective media to recovery from naturally infested soil. Phytopathology 65:704-707.
- Griffin GJ, KH Garren. 1976. Colonization of rye green manure and peanut fruit debris by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger* group in field soils. Appl Environ Microbiol. 32(1):28-32.
- Griffin, G J; EP Smith; TJ Robinson. 2001. Population patterns of *Aspergillus flavus* group and *A. niger* group in field soils. Soil Biology and Biochemistry 33 (2):253-257.
- Grosso RN; CA Guzmán. 1995. Chemical characteristics of Argentinean groundnut cultivars. Internacional Arachis Newsletter. 15(1):17-18.

- Hanlin RT. 1973. The distribution of peanut fungi in the Southeastern United States. *Mycopathologia* 49 (4):227-241.
- Hansen, TJ. 1993. Quantitative testing for mycotoxin. *J. American Ass. Cereal Chem.* 38(5): 346-348.
- Harish B, BN; MVC Gowda; VP Kusuma. 2005. Confectionery Groundnuts Resistant to Seed Colonization by *Aspergillus flavus*. *International Arachis Newsletter* 25 (1): 10-12.
- Hershey, CH (Ed.). 2007. Plant Breeding News (en línea). Edition 177. *FAO Plant Breeding Newsletter*. An Electronic Newsletter of Applied Plant Breeding (FAO/Cornell University). Consultado 25 jun. 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/services/pbn/pbn-177.htm#a114>.
- Hill, RA; PD Blankenship; RJ Cole; TH Sanders. 1983. Effects of soil moisture and temperature on preharvest invasion of peanuts by *Aspergillus flavus* group and subsequent aflatoxin. *Development Applied and Environmental Microbiology* 45(2): 628-633.
- Holbrook HCC; T Stalker. 2003. Peanut breeding and genetic resources. *Plant Breed. Rev.* 22: 297-356.
- Holbrook CC; DM Wilson; ME Matheron; JE Hunter; DA. Knauff; DW Gorbet. 2000. *Aspergillus* colonization and aflatoxin contamination in peanut genotypes with reduced linoleic acid. *Plant disease* 84(2):148-150.
- Holbrook, CC; DM Wilson; ME Matheron; WF Anderson. 1997. *Aspergillus* Colonization and Aflatoxin Contamination in Peanut Genotypes with Resistance to other Fungal Pathogens. *Plant Disease* 81:1429-1431.
- Horn BW; JW Dorner. 2002. Effect of competition and adverse culture conditions on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* through successive generations *Mycologia* 94(5):741-751.
- Horn BW; JW Dorner. 1998. Soil Populations of *Aspergillus* Species from Section Flavi along a Transect through Peanut-Growing Regions of the United States. *Mycologia* 90 (5): 767-776.

- Horn, BW. 2005. Colonization of wounded peanut seeds by soil fungi: selectivity for species from *Aspergillus* section. Flavi. Mycology 97(1): 202-217. Consultado en Abril, 2010. Disponible en: www.who.int/nutrition/topics/backgroundpapers_Efficacy_effectiveness.pdf
- Hymowitz, T.; FI Collins; J. Panczner; WM Walker. 1972. Relationship between the content of oil, protein, and sugar in soybean seed. Agronomy Journal 64(5):613-616.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources)/ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics). 1992. Descriptors for groundnut. Rome, Italy: IBPGR/ICRISAT. 125 p.
- ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1986. Annual Report, 1985. Patancheru, IN.
- INFOSTAT. 2008. Programa de análisis estadísticos. Cátedra de Estadística. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad nacional de Córdoba, FNC/UNC, AR.
- Inanaga S, E. Arima; T. Nishihara. 1990. Effect of Ca on composition of fat body of peanut seed. Plan and Soil 122 (1): 91-96.
- Isleib, TG; HE Pattee; FG Giesbrecht. 2004. Oil, sugar, and starch characteristics in peanut breeding lines selected for low and high oil content and their combining ability. J Agric Food Chem. 52(10):3165-3168.
- Isleib TG; HE Pattee; TH Sanders; KW Hendrix; LO Dean. 2006. Compositional and sensory comparisons between normal and high-oleic peanuts. J. Agric. Food Chem. 54, 1759-1763.
- Isleib TG; B L Tillman; H E Pattee; TH Sanders; KW Hendrix; LO Dean. 2008. Genotype-by-Environment Interactions for Seed Composition Traits of Breeding Lines in the Uniform Peanut Performance Test. Peanut Science 35 (2):130-138.
- Jaime-Garcia R.; PJ Cotty. 2006. Spatial Relationships of Soil Texture and Crop Rotation to *Aspergillus flavus* Community Structure in South Texas. Phytopathology 96(6): 599-607.
- Joffe AZ. 1968. The effect of soil inoculation with *Aspergillus flavus* on the mycoflora of groundnut soil, rhizosphere and geocarposphere. Mycologia 60: 908-914.
- Joffe, AZ. 1969. The mycoflora of groundnut rhizosphere, soil and geocarposphere on light, medium and heavy soils and its relations to *Aspergillus flavus*. Mycopathol. 37(2): 150-160.

- Kaaya, AN; C Harris; W Eigel. 2006. Peanut Aflatoxin Levels on Farms and in Markets of Uganda. *Peanut Science*. 33(1):68–75.
- Kang H; S Hwang; H Lee; W Park. 2002. Effects of high concentrations of plant oils and fatty acids for mycelial growth and pinhead formation of *Hericium erinaceum*. *Transactions of the ASABE* 45(1): 257–260.
- Kathirvelan P; P Kalaiselvan. 2006. Optimizing production technologies for sustaining the productivity of confectionery groundnut varieties. *Research Journal of Agricultural Biological Sciences* (en línea), 2(6):415-419. Consultado 13 abr. 2008. Disponible en: <http://www.insinet.net/rjabs/2006/415-419.pdf>
- Khalil, JK; MID Chughtai. 1983. Chemical composition and nutritional quality of five peanut cultivars grown in Pakistan. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* 33(1): 63-70.
- Kim, NK; YC Hung. 1991. Mechanical properties and chemical composition of peanuts as affected by harvest date and maturity. *Journal of Food Science* 56(5):1378–1381.
- King, AD; AD Hocking ; JI Pitt. 1979. Dichloran rose bengal medium for enumeration and isolation of moulds from foods. *Appl. Environ. Microbiol.* 37: 959-964.
- Kiran KB; HM Desai; MK Chakraborty. 1988. Resistance of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to aflatoxin. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 58(1): 121–123.
- Kishore, G.K.; S. Pande; K. Manjula; J.N. Rao; D Thomas. 2002. Occurrence of mycotoxins and toxigenic fungi in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds in Andhra Pradesh, India. *Plant Pathol. J.* 18(4): 204-209.
- Klich, MA. 2007. Environmental and developmental factors influencing aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Mycoscience* 48:71-80. Consultado 08 abr. 2008. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ>
- Kloepper JW; KL Bowen. 1991. Quantification of the geocarposphere and rhizosphere effect of peanut (*Arachis hypogaea* L.) *Plant and Soil* 136 (1): 103-109.
- Knauft, DA; KM Moore; DW Gorbet. 1993. Further studies on the inheritance of fatty acid composition in peanut. *Peanut Science* 20(1): 74–76.

- Lamb MC; DA Sternitzke. 2001. Cost of aflatoxin to the farmer, buying point, and sheller segments of the Southeast United States peanut industry. *Peanut Science* 28(1): 59–63.
- Latham, MC. 1997. Human nutrition in the developing world. FAO Food and Nutrition Series No. 29. Rome, IT. Consultado 29 ago. 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W0073E/W0073E00.htm>
- Liang, XQ; M Luo; BZ Guo. 2006. Resistance mechanisms to *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin contamination in peanut (*Arachis hypogaea*). *Plant Pathology J.* 5(1): 115-124.
- López, Y; OD Smith; SA Senseman; WL Rooney. 2001. Genetic Factors Influencing High Oleic Acid Content in Spanish Market-Type Peanut Cultivars. *Crop Science* 41(1):51-56
- Luque, O.; L Avilán. 1976. Clasificación con fines de fertilidad de suelos de la Mesa de Guanipa, Edo. Anzoátegui. En: Resúmenes IV Congreso Venezolano de la Ciencia del suelo, Maturín Universidad de Oriente. pp 4.
- Manda, A; BP Naidu; NC Rachaputi; G Wright; S Fukai. 2004. Aflatoxins and their relationship with sugars in peanut (*Arachis hypogaea* L.). In International Crop Science Congress (ICSC), Asian Crop Science Conference (ACC), Australian Agronomy Conference (AAC). (IV,V, XII, Brisbane, AUS). Proceedings of the International Crop Science Congress. Consultado 08 abr. 2008. Disponible en: <http://www.cropscience.org.au/icsc2004>.
- Manivel P; RK Mathur; A. Bandyopadhyay; MY Samdur; JB Misra. 2000. Evaluation of Some Confectionery Type Advanced Breeding Lines of Groundnut. *International Arachis Newsletter* 20:21-22.
- Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Cap. 20. Leguminosas Oleaginosas. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 613 p.
- Mazzani, CB. 1989. Evaluación de la resistencia de genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) a la colonización de sus semillas por hongos del género *Aspergillus*. Tesis MSc. Maracay, VE. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 105 pp.
- Mazzani, CB. 1997. Aspectos epidemiológicos de la infección y formación de aflatoxinas por *Aspergillus flavus*. In Congreso Latinoamericano de Micotoxicología, (II, 1997, Maracay, VE). Programa y Resúmenes. U.C.V., FAGRO, FC, FCV. Maracay, VE p. 15-19.

- Mazzani, CB. 1998. Incidencia de *Aspergillus flavus*, *Fusarium moniliforme*, aflatoxinas y fumonisinas en los granos de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. Tesis Doctoral. Maracay, VE. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 121 p.
- Mazzani CB; A Layrisse. 1990. Efecto de la inoculación y régimen de humedad sobre la población de *Aspergillus* spp. en el suelo. Fitopatología Venezolana 3(1): 43-45.
- Mazzani CB; A Layrisse. 1992. Resistencia de campo de genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) a la infección de sus semillas por *Aspergillus* spp. Phytopath. Medit. 31(1): 96-102.
- McWatters HK; JP Cherry; MR Holmes. 1976. Influence of suspension medium and pH on functional and protein properties of defatted peanut meal. J. Agric. Food Chem. 24(3): 517-523.
- McWatters, KH; JP Cherry. 1982. Peanut seed proteins. p. 689-736. In: Peanut Science and Technology. Eds. HE Pattee; CT Young. Science Peanut Research and Education Society Inc. Yoakum, Texas. 621 p.
- McMeans JL; TH Sanders; BW Wood; PD Blankenship. 1990. Soil temperature effects on free carbohydrate concentrations in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed. Peanut Science 17(1): 31-35.
- Mehan, VK; D McDonald; N Ramakrishna; JH Williams. 1986. Effects of genotype and date of harvest on infection of peanut seed by *Aspergillus flavus* and subsequent contamination with aflatoxin. Peanut Science 13(1): 46-50.
- Mehan, VK; D McDonald. 1984. Research on the aflatoxin problem in groundnut at ICRISAT. Plant and Soil 79(2): 255-260.
- Mehan, VK.; D McDonald; N Ramakriashna. 1988. Effects of adding inoculum of *Aspergillus flavus* to pod_zone soil on seed infestation and aflatoxin contamination of peanuts genotypes. Oléagineux 43(1): 26-28.
- Mehan, VK; A Ba; D Mc Donald; JL Renard.; RC Nageswara Rao; S Jayanthi. 1991. Field screening for groundnut to seed infection by *Aspergillus flavus*. Oléagineux no. 46:109-115.
- Mixon AC; KM Rogers. 1973. Peanut Accessions Resistant to Seed Infection by *Aspergillus flavus*. Agron J 65(3): 560-562.

- Mixon, AC. 1981. Reducing aflatoxin contamination in Peanut genotypes by selection and breeding. *JAOC* 58(12): 961A-956A.
- Moraes SA; PR Mariotto. 1985. Diagnóstico da patologia de sementes de amendoim no Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*. Brasília, BRA. 7(1): 41-43.
- Nagarajan V.; RV. Bhat. 1973. Aflatoxin Production in Peanut Varieties by *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. *Applied Microbiology* 25(2): 319-321.
- Nahdi SN. 1996. Drought stress and preharvest seed invasion of selected groundnut genotypes by *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination. *Indian Phytopathology* Vol. 49 No.1. Abstrat Consultado: Nov. 2009. Disponible en: www.aflatoxin.info/lit_res.asp?s=3155
- Nigam SN, F Waliyar, R Aruna, SV Reddy; P Lava Kumar; PQ Craufurd; AT Diallo; BR Ntare; HD Upadhyaya. 2009. Breeding Peanut for Resistance to Aflatoxin Contamination at ICRISAT. *Peanut Science* 36(1): 42-49.
- Norden, AJ; DW Gorbet; DA Knauff; CT Young. 1987. Variability in oil quality among peanut genotypes in the Florida breeding program. *Peanut Science* 14(1): 7-11.
- Orum TV; DM. Bigelow; MR. Nelson; DR. Howell; PJ. Cotty. 1999. Spatial and Temporal Patterns of *Aspergillus flavus* Strain Composition and Propagule Density in Yuma County, Arizona, Soils. *Plant Diseases* 81(8): 911- 916.
- Oupadissakoon C; CT Young; FG Giesbrecht. 1980a. Effect of location and time of harvest on free amino acid and free sugar contents of Florigiant peanuts. *Peanut Science* 7(2): 61-67.
- Oupadissakoon C.; CT Young; RW Mazingo. 1980b. Evaluation of free amino acid and free sugar contents in five lines of Virginia-Type peanuts at four locations. *Peanut Science* 7(1): 55-60.
- Özcan MM. 2010. Some nutritional characteristics of kernel and oil of peanut (*Arachis hypogaea* L.) *J. Oleo Sci.* 59(1): 1-5.
- Pattee, HE; TG Isleib; FG Geisbrecht; RF McFeeters. 2000a. Investigations into genotypic variations of peanut carbohydrates. *J Agric Food Chem.* 48(3): 750-756.
- Pattee, HE; TG Isleib; FG Geisbrecht; RF McFeeters. 2000b. Relationships of sweet, bitter, and roasted peanut sensory attributes with carbohydrate components in peanuts. *JAOC* 83(1): 95-98.

- Pildain, MB; D Cabral; G Vaamonde. 2005. Poblaciones de *Aspergillus flavus* en maní cultivado en diferentes zonas agroecológicas de la Argentina, caracterización morfológica y toxigénica. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* (en línea). 34(3):3-19. Consultado 13 dic. 2007. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/ediciones/ria/34_3/art1.htm
- Prado, G; MS Oliveira; JEC Gazzinelli-Madeira; IJ Godoy; B Corrêa; RG Junqueira; SO Ferreira. 1999. Resistência de quatro genótipos de amendoim à produção de aflatoxina B1 após inoculação com *Aspergillus flavus* *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 19(1): 84-87.
- Prathiba, KM; UM Reddy. 1994. Nutrient composition of groundnut cultures (*Arachis hypogaea* L.) in relation to their kernel size. *Plant Foods for Human Nutrition* (en línea). 45 No. 4. In: SpringerLink Abstract on Line. Consultado 25 jun. 2007. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/g117925082678348>
- Priyadarshini E; PG Tulpule. 1980. Effect of free fatty acids on aflatoxin production in a synthetic medium. *Food and Cosmetics Toxicology* 18(4): 367-369 Consultado 25 Oct. 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00156264>
- Rahman MA. 2006. Effect of calcium and *Bradyrhizobium* inoculation on growth, yield and quality of groundnut (*A.hypogaea* L.). *Bangl. J. Sci. Ind. Res.* 41(3-4): 181-188. Consultado 09 Ago. 2009. Disponible en: <http://www.banglajol.info/index.php/BJSIR/article/view/288>
- Rahmianna, AA; A Taufiq; E Yusnawan. 2004. Evaluation of ICRISAT groundnut genotypes for end-of-season drought tolerance and aflatoxins contamination in Indonesia. *Internacional Arachis Newsletter* 24(1): 14-17.
- Rasheed S; A Dawar; A Ghaffar; SS Shaukat. 2004. Seed borne mycoflora of groundnut Pak. *J. Bot.* 36(1): 199-202.
- Raybaudi, R.; C. Mazzani; I. Benítez; A. Martínez; O. Luzón; C. González. 2005. Relación entre los niveles de algunos metales (hierro, cobre y zinc) y el crecimiento de *Aspergillus flavus/parasiticus* y *Fusarium moniliforme* y la producción de aflatoxinas y fumonisinas de maíz. *Fitopatología Venezolana.* 18(1): 15-19.
- Rossetto, VCA; OF Silva; AE Araújo. 2005. Influência da calagem, da época de colheita e da secagem na incidência de fungos e aflatoxinas em grãos de amendoim armazenados. *Cienc. Rural* (en línea). 35(2). Consultado 20 jun. 2007. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000200010&nrm

Sabino, M; LCA Lamardo; TV Milanez; EI Inomata; MAP Zortetto; SA Navas; MS Galvao. 2006. 20 years of aflatoxins contamination in groundnuts and groundnuts products in São Paulo State, Brazil. In International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins, (X, 2000, Sao Paulo, Brazil). Program and Abstract Book. Eds. M. Sabino; D. Rodrigues Amaya; B. Corrêa. Instituto Adolfo Lutz, Sao Paulo, BRA. p. 151.

Sanders, T; M Schubert; HE Pattee. 1982. Maturity methodology and postharvest physiology. p. 624-654. In Peanut Science and Technology. Eds. HE Pattee; CT Young. Science Peanut Research and Education Society Inc. Yoakum, Texas. 621 p.

Schroeder, HW; RA Boller. 1973. Aflatoxin production of species and strains of *Aspergillus flavus* group isolated from field crops. Applied Microbiology 25(5): 885-889.

Shad MA; H Perveez; H Nawaz; H Khan; MA Ullah. 2009. Evaluation of biochemical and phytochemical composition of some groundnut varieties grown in arid zone of Pakistan. Pak. J. Bot. 41(6): 2739-2749.

Shan SH; HX Wang; CJ Li; SB Wan; HT Liu; GY Jiang. 2006. Research of seed testa structure and storage material of peanut germplasm with different resistance to *A. flavus*. Agricultural Sciences in China 5(6): 478-482. Abstrat. Consultado: Nov. 2009. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B82XG-4K940PV-F&

Shanmugasundaram, S; MR Yan; RY Yang. 2001. Association between protein, oil, and sugar in vegetable soybean. In: T.A. Lumpkin and S. Shanmugasundaram (eds.). 2nd Intl. Veg. Soybean Conf. Wash. State Univ., Pullman. Consultado 20 jun. 2008. Disponible en: <http://www.avrdc.org/pdf/soybean/association.pdf>

Silva, M.; G. Sphan; C. Casini; R. Badini; M. Inga; M. J. Martínez. 2006. Valores de referencia de maní de macro y micronutrientes del área de cultivo de la provincia de Córdoba. XXI Jornada Nacional de Maní, 21 de septiembre 2006. p. 36, 38. CIA-INTA. General Cabrera, Córdoba, AR.

Singh B.; U. Singh. 1991. Peanut as a source of protein for human foods. Plant Foods Hum Nutr. 41(2): 165-77.

Singh F; B. Diwakar. 1993. Nutritive Value and Uses of Pigeonpea and Groundnut. Compiled by. Skill Development Series No. 14. International Crops Research Institute for Semi-Arids Tropics.

- Singh, K; JC Frisvad; U Thrane; SB Mathur. 1991. An illustrated manual on identification of some seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and their micotoxins. Copenhagen. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. p. 6-7.
- Siulin, L; L Xuangqiang; L Shaoxion. 1996. Screening groundnut germplasm for resistance to *Aspergillus flavus* invasion, colonization in Guandong, Southern China. *Internacional Arachis Newsletter* 16(1): 11-13.
- Smith, OD; CE Simpson; MC Black; BA Besler. 1998. Registration of 'Tamrun 96' peanut. *Crop Sci.* 38:1403.
- Upadhyaya, CHD; SN Nigam; RP Thakur. 2007. Genetic enhancement for resistance to aflatoxin contamination in groundnut. Aflatoxin. *Aspergillus* and Aflatoxin in Groundnut (en línea). ICRISAT (International Crop Research Institute for the Semiarid Tropics), Patancherú, IN. Consultado 18 jun. 2007. Disponible en: http://www.aflatoxin.info/groundnut_breeding.asp
- Upadhyaya, CHD; SN Nigam; VK Mehan; JM Lenne. 1997. Aflatoxin contamination of groundnut: prospects of a genetic solution through conventional breeding. In *Aflatoxin Contamination Problems in Groundnut in Asia*, (1996, Patancherú, IN). Proceeding of the First Asia Working Group Meeting. Eds. VK Mehan; CL Gowda. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam. ICRISAT, Patancherú, IN. p. 81-85.
- USDA (United State Department of Agriculture)/ ARS (Agricultural Research Service). 2007. National Plant Germplasm System (en línea). Germplasm Resources Information Network. Consultado 10 abr. 2007. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/npgs/acc.html>
- Vohra, P. 1989. Carbohydrate and fiber content of oilseeds and their nutritional importance, 208-225. En: Eds. G. Robblen, A. Ashri. *Oil Crops of the World*, McGraw-Hill, U.S.A.
- Wang, S; B Liao; Y Lei; D Li; D Xiao. 2004. Rol of *in vitro* resistance to in reducing preharvest aflatoxin contamination under drought stress in groundnut. *Internacional Arachis Newsletter*. 24(1): 38-39.
- Warcup JH. 1955. On the origin of colonies of fungi developing on soil dilution plates. *Transactions of the British Mycological Society* 38 (3): 298-301.
- Wen-Hsin W, JY Lu, AR Jones, DG Mortley, PA Loretan, CK Bonsi, WA Hill. 1997. Proximate Composition, Amino Acid Profile, Fatty Acid Composition and Mineral Content

of Peanut Seeds Hydroponically Grown at Elevated CO₂ Levels J. Agric. Food Chem. 45 (10):3863–3866.

Whitaker TB; JW Dorner; M Lamb; AB Slate. 2005. The Effect of Sorting Farmers' Stock Peanuts by Size and Color on Partitioning Aflatoxin into Various Shelled Peanut Grade Sizes. Peanut Science. 32(2): 103–118.

Wiatrak PJ; DL Wright; JJ Marois; D Wilson. 2006. Effect of Irrigation and Gypsum Application on Aflatoxin accumulation in peanuts. Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida. Consultado 08 de Ago. 2009. Disponible en: <http://scssf.ifas.ufl.edu/proceedings/vol%2065/pdf/wiatrak%20et%20al%20vol%2065%20pp%205-8.pdf>

Will M. E., CC Holbrook, DM Wilson. 1994. Evaluation of field inoculation techniques for screening peanut genotypes for reaction to preharvest *A. flavus* group infection and aflatoxin contamination. Peanut Science 21 (2): 122-125.

Wilson, DM; AC Mixon; JM Troeger. 1977. Aflatoxin contamination of peanuts resistant to seed invasion by *Aspergillus flavus*. Phytopathology. 67(7): 922-924.

Xue, HQ. 2004. Evaluation of peanut (*Arachis hypogaea* L.) germplasm for resistance to aflatoxin production by *Aspergillus flavus* Link ex Fries. Thesis Ph.D. (en línea). Raleigh, US. North Carolina State University. 176 p. Consultado 15 jun. 2007. Disponible en: <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-03182004-101849/unrestricted/etd.pdf>.

Xue, HQ.; TG Isleib; GA Payne; WF Novitzky; G Obrian. 2005. Aflatoxin production in peanut lines selected to represent a range of linoleic acid concentrations. Journal of Food Protection (en línea) 68(1): 126-132 (Abstract). Consultado 02 jul. 2007. Disponible en: <http://www.foodprotection.org/QuickLinks.htm>.

Young, CT, RE Worthington; RO Hammons; RS Matlock, GR Waller; RD Morrison. 1974. Fatty acid composition of Spanish peanut oils as influenced by planting location, soil moisture conditions, variety and season. Am. Oil Chem. Soc. 51(2): 312-315.

Zablotowicz RM; HK Abbas; MA Locke. 2007 Population ecology of *Aspergillus flavus* associated with Mississippi Delta soils. Food Additives & Contaminants. Part A24(10): 1102–1108.