

## Evaluación de dos ciclos de producción de semilla en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en Tumbaco - Pichincha

María José Borja<sup>1</sup> y Mario Caviedes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito, Diego de robles y Vía Interoceánica, Quito, Ecuador.

\*Autor principal/Corresponding author, e-mail: mcaviedes@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by:

Recibido/Received: 17/10/2013. Aceptado/Accepted: 11/11/2013.

Publicado en línea/Published on Web: 09/12/2013. Impreso/Printed: 09/12/2013.

### Abstract

Corn, *Zea mays*, is a traditional crop in the Andean region. Nowadays, the national corn production in Ecuador is mainly focused on the types known as hard yellow and soft kernels. In the case of purple corn, small farmers have stopped its growth due to low yield production and lack of certified seeds, thus seed production of purple corn could help to increase the supply of this product and its derivatives. On the other hand, several health benefits are attributed to the purple maize due to the content of anthocyanins (antioxidants) in the kernels. This study aimed to efficiently produce seeds of two varieties of purple corn; the seeds were produced under the half-sibs system, where 44 families per variety were evaluated. The evaluations took place during two production cycles. In the first production cycle of variety B, the total yield seed production estimated was 2.57 ton/ha, while variety A presented an irregular behavior due to the environmental influence during the productive process, thus the yield seed production couldn't be estimated. On the second production cycle, variety A had a seed yield of 3.34 ton/ha while the seed yield of B was 3.09 ton/ha.

**Keywords.** *Zea mays* L, black corn, anthocyanins, variety, yield.

### Resumen

El maíz, *Zea mays*, es un cultivo tradicional de la zona andina. En la actualidad su producción nacional en Ecuador está orientada principalmente a la producción de los tipos amarillo duro y suave. En el caso de la producción de maíz morado, los pequeños agricultores han dejado de cultivarlo debido al bajo rendimiento y a la falta de semillas certificadas, por lo que la producción de semillas de este tipo de maíz, permitiría incrementar la oferta de este producto y sus derivados. Por otro lado, el maíz morado presenta varios beneficios a la salud debido al contenido de antocianinas (antioxidantes) que presentan sus granos. El presente estudio tuvo como objetivo producir eficientemente semilla de dos variedades de maíz morado; el sistema de producción de semillas utilizado fue el de medios hermanos, donde se evaluaron 44 familias por variedad. Ambas variedades fueron evaluadas durante dos ciclos de producción. En el primer ciclo de producción de la variedad B se estimó un rendimiento de semillas total de 2.57 ton/ha, mientras que en la variedad A existió un comportamiento irregular debido a la gran influencia ambiental por lo que no se logró hacer una estimación de su productividad. En relación al segundo ciclo de producción, la variedad A presentó un rendimiento de semilla de 3.34 ton/ha significativamente mejor que el rendimiento de la B que fue de 3.09 ton/ha.

**Palabras Clave.** *Zea mays* L, maíz morado, antocianinas, variedad, rendimiento.

### Introducción

El maíz (*Zea mays*), originario de zonas Altas Andinas y Centro América, es el cultivo que presenta mayor diversidad de texturas, especialmente en su forma nativa [1]. Químicamente, el maíz está compuesto de proteínas, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, almidón y azúcar [2], cada componente se encuentra en diferentes porcentajes según la parte del grano de maíz, el cual presenta tres elementos principales: pericarpio, endospermo y

germen [3]. Además de todos estos componentes nutricionales, el maíz morado presenta un alto contenido de antocianinas, las cuales se ven reflejadas en la coloración morada que presenta el raquis y los granos. Las antocianinas son antioxidantes, es decir sustancias que, al estar presentes en bajas concentraciones comparadas a las de un sustrato oxidable, previenen o retardan la oxidación de dicho sustrato y protegen a los sistemas biológicos frente a efectos potencialmente perjudiciales tales como las reacciones que causan excesivas oxidaciones



[4]. Varios estudios han demostrado que las antocianinas previenen el desarrollo de enfermedades como el cáncer de colon, además ayudan a bajar la presión sanguínea, el colesterol y promueven la formación de colágeno [5]. La presencia de antocianinas en las variedades pigmentadas del maíz, lo hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales. Es así, que el estudio de los pigmentos del maíz morado (*Zea Mays*) ha despertado un interés sin precedentes [6].

La semilla es un organismo vivo que porta consigo toda la información genética de las plantas la cual determina la habilidad de las plantas para convertir el agua, la luz, el suelo y otros nutrientes en biomasa, lo que se ve reflejado en el rendimiento potencial que tendrá el cultivo. La semilla es el insumo que afecta en mayor medida la productividad en los cultivos agrícolas [7].

Actualmente, en Ecuador, la producción nacional está enfocada a los tipos de maíz más consumidos (maíz duro y suave en grano y choclo), mientras que la producción de maíz morado se ha reducido considerablemente. Entre los motivos por los que no existe interés en cultivar este tipo de maíz por parte de los agricultores, están la escasa disponibilidad de semillas certificadas por parte del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) la cual es la única institución que produce semillas para los cultivos de la sierra ecuatoriana [8]. Además el maíz morado presenta un rendimiento similar al de los maíces de color amarillo y blanco harinosos (2.5 ton/ha) por lo que no es un cultivo atractivo para los agricultores [9].

El establecimiento de un nuevo cultivo con semilla de calidad puede garantizar mejores resultados, así como alto poder germinativo. Cuando se utiliza semillas híbridas, el vigor híbrido otorga a la planta mejores características agronómicas y alto rendimiento [7]. Para poder conseguir estas características deseadas, la semilla debe cumplir ciertos estándares de calidad, los cuales están determinados directamente por las condiciones de producción en campo y el manejo realizado después de la cosecha, donde se debe siempre mantener su calidad [2].

Para lograr desarrollar variedades de maíz morado con un mayor rendimiento y mejores características se generó y evaluó durante 8 años dos variedades de maíz morado en la estación experimental de la Universidad San Francisco de Quito en la parroquia de Tumbaco, donde se realizaron dos autofecundaciones sucesivas y cruzamientos dirigidos para la formación de variedades experimentales, para obtener mayor productividad y fijar la coloración del grano morado en las mazorcas, siendo así utilizados como progenitores para el desarrollo de dos nuevas variedades. El objetivo general de este estudio fue el de evaluar dos ciclos de producción de semilla en dos variedades de maíz morado y determinar sus diferencias en cuanto a rendimiento de grano y producción de semilla.

## Materiales y Métodos

En este estudio se evaluó la producción de semilla de dos variedades de maíz morado, en las que se establecieron diferencias fenotípicas, y por tanto genotípicas, para determinar cuál de las dos variedades es la mejor opción para producir comercialmente semillas. A estas variedades se las denominó variedad A y variedad B, las cuales fueron sembradas en lotes independientes de 500 m<sup>2</sup>.

### Variedades A y B

Cada variedad mencionada se deriva de diferentes fuentes, siendo los padres de la variedad A (F2) individuos segregantes de maíz morado obtenidos a partir de cruza interpopulacionales de dos pools genéticos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT): pool 5 y pool 6. Ambos pools, pool 5 HLWF (*High Land White Flint*) y pool 6 HLWD (*High Land White Dent*) son poblaciones con una base genética proveniente de germoplasma de maíz de las zonas altas andinas. En el caso de la variedad B (F2), los padres fueron recolectados en la parroquia de El Quinche, Pichincha [1]. Cabe recalcar que ambas variedades se obtuvieron a partir de cruzamientos entre las mejores líneas en base a estudios moleculares y morfológicos con el fin de generar las F1 y F2. Las variedades generadas presentaron mejores características agronómicas, mayor rendimiento y coloración morada.

En cuanto a la producción de semillas de maíz se debe tomar en cuenta que éste es un cultivo de polinización cruzada [10], por lo que, al trabajar con dos variedades distintas de maíz morado se debe considerar un correcto aislamiento entre las mismas para evitar contaminación por polen entre las variedades a comparar. En el caso del maíz, la distancia mínima de aislamiento recomendada es de 200 metros [11], además, se recomienda tener un tiempo de desfase en la floración de las variedades mayor a 21 días [12]. En este caso, la distancia de aislamiento fue de 400 metros para el primer ciclo de producción de semillas y de 60 metros para el segundo ciclo y se manejó un aislamiento en el tiempo de siembra mayor a 21 días.

La técnica empleada para producción de semillas fue el sistema de medios hermanos con el control de un solo parental [13], para lo cual se utilizó un patrón de siembra donde se tiene una proporción de 2:1 de plantas "hembras frente a machos". En este caso, dos surcos sirvieron como plantas madre o "hembra" siendo las unidades de selección; mientras que un surco fue la planta padre o "macho" el cual proveyó de polen a las plantas "hembra" [14].

Como parte del procedimiento, se eliminaron las inflorescencias masculinas o panojas de los surcos de las plantas "hembras" (los cuales representaron la variedad respectiva) y cada surco fue marcado por familia. En cada variedad se evaluaron 44 familias. Por otro lado, se

dejaron las panojas de los surcos marcados como “macho” ya que éstas proveyeron polen a las “hembras” [10]. Además, antes de la cosecha se marcaron las plantas más vigorosas, de las cuales se seleccionaron las mejores mazorcas y se utilizaron sus semillas para el siguiente ciclo de selección y producción de semilla. En el segundo ciclo de producción se realizó el mismo procedimiento para la producción de semillas de maíz morado.

Para poder comparar las dos variedades de maíz morado en cuanto a peso en campo y rendimiento de semilla, se realizó la Prueba “t” Pareada de Student, la cual “permite evaluar la significación estadística de la diferencia entre las medias, sobre la base de las diferencias entre los pares de resultados” [15] y con un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$  para todas las variables. Las ocho variables fueron medidas en las 44 familias presentes de cada variedad del primer ciclo de producción de semillas. Además, para poder realizar un mejor análisis de las variables mencionadas, se estandarizaron los datos de las mismas transformándolos a puntaje “z” mediante la siguiente fórmula, obteniendo así la distribución normal para cada variable a comparar [16].

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Cabe recalcar que, según el Teorema del Límite Central, mientras más datos presente una muestra determinada, la distribución de éstos se asemejarán más a la curva normal, mientras que las muestras que presentan menor número de datos, tienden a alejarse de la distribución normal [16].

Durante el primer ciclo de producción de semilla, la variable “peso en campo” no pudo ser comparada con Prueba “t” Pareada de Student ya que varias familias de la variedad A no presentaron características deseadas por lo que no fueron seleccionadas, es decir, de las 44 familias se seleccionaron únicamente 18.

Por otro lado, para las ocho variables mencionadas se determinó la media, rango, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, desviación estándar de la diferencia entre medias y el error estándar de la media para cada variedad, con lo que se pudo realizar una mejor comparación entre las dos variedades [17]. Se determinó el rendimiento para cada variedad con el 30 % de humedad en base a la siguiente fórmula:

$$PGC = PC \times \left( \frac{100 - H}{85} \right) \times \left( \frac{10}{AEP} \right) \quad (2)$$

En donde:

AEP: Área de la parcela ( $m^2$ ).

PGC: Peso del grano corregido obtenido a partir del 80 % del grano del peso total de las mazorcas (kg).

PC: Peso total de campo (kg).

H: Humedad (%).

Además, se tomó en cuenta que cada mazorca presenta un porcentaje de desgrane de 80 %; de este porcentaje, el 80 % de granos de la mazorca podrá destinarse para la producción de semillas, el 15 % grano comercial, y el 5 % restante es considerado granza (granos de menor tamaño presentes en los extremos de la mazorca con menor valor comercial) [2].

Para la comparación de rendimiento de semilla de ambas variedades, se tomaron los datos de rendimiento 10 familias por cada variedad al azar y, mediante la Prueba “t” de Student, se determinó las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) en cuanto a rendimiento de semilla entre ambas variedades durante el segundo ciclo de producción de semillas. En ambas variedades se calculó el rendimiento de semilla con un AEP de  $4.4 m^2$  y la humedad de cosecha correspondiente para cada variedad.

Por otro lado, para comparar el rendimiento de semilla de la variedad B entre los dos ciclos de producción de semilla, se tomaron 10 familias al azar, de las que se obtuvo el rendimiento de semillas para cada ciclo de producción, con un AEP de  $4.4 m^2$  para cada familia y la humedad de cosecha obtenida en cada ciclo. Con estos datos se realizó la Prueba “t” de Student para determinar diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre los dos ciclos.

## Resultados y Discusión

En la evaluación agronómica de las dos variedades de maíz morado durante el primer ciclo de producción de semillas, ambas variedades A y B presentaron un coeficiente de variación muy elevado (44.69 % para A y 43.29 % para la variedad B) lo que indica que las muestras obtenidas fueron poco uniformes, esto demuestra que existió una fuerte influencia ambiental sobre ambas variedades durante el primer ciclo de producción de semillas debido a la heterogeneidad del suelo y a las condiciones agroclimáticas en que se desarrolló el cultivo [10]. En el caso de la variedad A, el lote escogido para la siembra no había sido utilizado con fines agrícolas previamente, además durante la preparación del suelo no se incluyó enmiendas como materia orgánica para mejorar su calidad y estructura, ya que la correcta preparación del suelo en el cultivo de maíz es fundamental para el óptimo desarrollo de este cultivo y, en este caso, para que el rendimiento de semillas sea uniforme [11]. Otro factor que influyó en el desarrollo de las plantas de maíz fueron los diferentes niveles de resistencia de las familias evaluadas en relación al acame, factor que está relacionado con la altura de las plantas y que debe ser considerado durante el proceso de mejoramiento varietal para conseguir menor acame en las plantas de maíz [18]. Además, para evitar el volcamiento de las plantas es necesario crear barreras contra el viento [19], en el caso de la variedad A, en general el lote de terreno no

Datos	Variedad A	Variedad B
Humedad (%)	21.71	24.75
PG (kg)	47.92	202.2
AEP (m <sup>2</sup> )	105.6	462

Tabla 1: Datos obtenidos para estimar el rendimiento en el segundo ciclo de producción.

	Variedad A	Variedad B
Peso total (kg)	59.9	252.7
80 % grano (PG)	47.92	202.2
20 % raquis	11.98	50.5
PGC (ton/ha)	4.18	3.87
80 % semilla	3.34	3.09
15 % grano comercial	0.63	0.58
5 % granza	0.21	0.19

Tabla 2: Estimación del rendimiento de semilla (kg) en el segundo ciclo de producción.

presentó este tipo de barreras por lo que existió volcamiento de las plantas, lo cual redujo significativamente el número de plantas por familia.

### Estimación de rendimiento de semilla en la variedad B durante el primer ciclo de producción

Para la estimación de rendimiento de la variedad B se tomó en cuenta una humedad de grano de 30 %. Reemplazando los valores obtenidos en la fórmula para calcular el rendimiento (PGC), se tiene PG de 87.52 kg, H de 30 %, AEP de 224.4 m<sup>2</sup> (calculado a partir del área ocupada únicamente por las familias). El PGC obtenido fue de 3.21 ton/ha, lo que representa la producción total de semilla de la variedad B. De esta producción obtenida se obtiene 80 % para uso de semilla, 15 % para grano comercial y el 5 % restante como granza [2], es decir, 2.57 ton/ha de semilla, 0.48 ton/ha de grano comercial y 0.16 ton/ha de granza por hectárea. En cuanto a la variedad A, no se pudo estimar la producción de semilla debido a que la cosecha de mazorcas fue muy reducida a causa de la influencia ambiental que tuvo esta variedad durante el ciclo de producción.

### Estimación de rendimiento de semilla en ambas variedades durante el segundo ciclo de producción

Para la estimación de rendimiento, en ambas variedades determinó la humedad de grano al momento de la cosecha, donde se obtuvo 21.71 % de humedad para la variedad A y 24.75 % para la variedad B siendo el porcentaje de humedad recomendado para la cosecha inferior al 30 %, en ambos casos, la humedad se encontró dentro del rango recomendado, ya que menos de 15 % de humedad los granos pueden sufrir daño mecánico al momento de la cosecha [20]. Además, se obtuvo un PG de 47.92 kg el caso de la variedad A, y 202.2 kg para la variedad B. En cuanto al AEP, para la variedad A fue de 105.6 m<sup>2</sup>, mientras que para la B fue de 462 m<sup>2</sup> como se presenta en la Tabla 1.

Al reemplazar los valores mencionados en la fórmula se obtuvo en la variedad A un PGC de 4.18 ton/ha, con un

Parámetro	Variedad	
	A	B
Media ( $\bar{y}$ )	3.59	2.87
Rango	2.65	2.12
Desviación estándar (S)	0.87	0.70
Varianza (S <sup>2</sup> )	0.76	0.49
Coefficiente de variación	24.30 %	24.30 %

Tabla 3: Análisis estadístico del rendimiento de semilla (ton) en el segundo ciclo de producción.

rendimiento de semilla de 3.34 ton/ha, 0.63 ton/ha de grano comercial y 0.21 ton/ha de granza. En cuanto a la variedad B, se logró un PGC de 3.87 ton/ha, con un rendimiento de semilla de 3.09 ton/ha; 0.58 ton/ha de grano comercial y 0.19 ton/ha de granza (Tabla 2).

El 20 % de raquis para cada variedad (11.98 kg para A y 50.5 kg para B) fue obtenido a partir del peso total de las mazorcas. Mientras que el PGC fue obtenido a partir del 80 % de grano del peso total de las mismas y expresado en toneladas por hectárea.

### Comparación de medias de ambas variedades en cuanto a rendimiento de semilla

En la Tabla 3 se observa que la media de la variedad A es 20 % mayor que la media de la variedad B, siendo 3.59 ton para A y 2.87 ton para B. Además la varianza para la variedad A fue de 0.76, mientras que para B fue de 0.49. En cuanto al coeficiente de variación, en ambos casos fue de 24.30 %, siendo un valor aceptable considerando que es una investigación realizada en el campo.

Por otro lado, la distribución del rendimiento de semilla durante el segundo ciclo de producción en ambas variedades (Gráfico 1), se determina que en ambas variedades el 90 % de las familias se encuentran en  $\pm 1$  desviación estándar, es decir, entre 2.72 y 4.46 ton/ha para la variedad A y entre 2.17 y 3.57 ton/ha para la variedad B, por lo que se determinó que la uniformidad en el rendimiento de semilla en ambas variedades fue muy similar.

Finalmente, en base a la Prueba "t" de Student, se determinó que existen diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en cuanto al rendimiento de semilla en ambas variedades con una t calculada de 13.01.

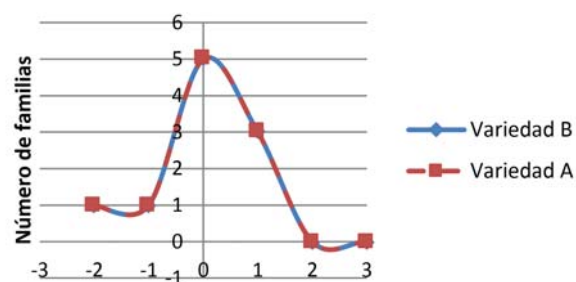


Figura 1: Rendimiento de semilla (ton) en el segundo ciclo de producción.

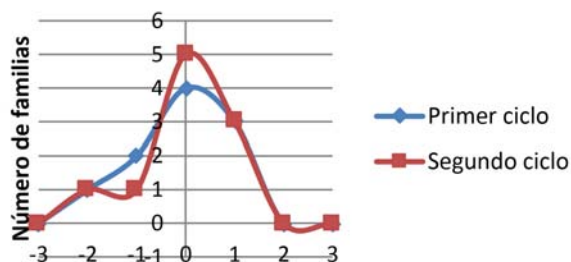


Figura 2: Rendimiento de semilla de la variedad B en los dos ciclos de producción (ton/ha).

### Comparación de rendimiento de semilla de la variedad B en los dos ciclos de producción

Como se aprecia en la tabla 4, las medias en ambos ciclos de producción de semilla de la variedad B fueron muy similares, siendo la del segundo ciclo 9.1 % mayor que la del primer ciclo. Así mismo, la varianza en ambos ciclos es muy similar siendo para el primer ciclo 0.47 y para el segundo 0.49. En lo que refiere al coeficiente de variación, en el primer ciclo fue ligeramente mayor a lo aceptable con 26.16 %, mientras que para el segundo ciclo está dentro de lo aceptable con 24.30 %.

Por otro lado, la distribución del rendimiento de semilla de la variedad B en los dos ciclos de producción (gráfico 2), el 90 % de las familias del primer ciclo se encuentran en  $\pm 1$  desviaciones estándar (entre 1.93 y 3.29 ton/ha), así mismo, el 90 % de las familias del segundo ciclo de producción se encuentran en  $\pm 1$  desviaciones estándar (entre 2.17 y 3.57 ton/ha), por lo que se determina que el rendimiento de semilla de la variedad B en ambos ciclos de producción presentó la misma uniformidad y dispersión de datos.

Por último, mediante la Prueba “t” de Student, se determinó que no existen diferencias ( $p \leq 0.05$ ) en rendimiento entre los dos ciclos de producción de semilla de la variedad B, obteniendo una t calculada 0.91.

El rendimiento de semilla de las variedades A y B en el segundo ciclo de producción incrementó, siendo para la variedad A 3.34 ton/ha de semilla, 0.63 ton/ha de grano comercial y 0.21 ton/ha de granza, mientras que para la variedad B se obtuvo 3.09 ton/ha de semilla, 0.58 ton/ha de grano comercial y 0.19 ton/ha de granza. Al ser el rendimiento mayor en el segundo ciclo de producción, se determina que existió menor influencia ambiental durante este ciclo, además de que el manejo del cultivo se realizó correctamente [19]. Así mismo, en el segundo ciclo de producción de semillas se determinó que, la previa selección de las mejores familias durante el primer ciclo de producción aportó a que el rendimiento de semillas sea mayor [21].

### Conclusiones

En la evaluación agronómica de las dos variedades de maíz, variedad A y B, la estimación de rendimiento de maíz morado durante el primer ciclo de producción de

Parámetro	Ciclo	
	Primero	Segundo
Media ( $\bar{y}$ )	2.61	2.87
Rango	1.36	2.12
Desviación estándar (S)	0.68	0.70
Varianza ( $S^2$ )	0.47	0.49
Coefficiente de variación	26.16 %	24.30 %

Tabla 4: Rendimiento de semilla de la variedad B en los dos ciclos de producción (ton/ha).

semillas fue de 2.57 ton/ha de semilla para la variedad B, en cuanto a la variedad A, no se pudo realizar una estimación real del rendimiento debido a que existió gran influencia ambiental sobre su comportamiento durante el primer ciclo de producción.

Durante el primer ciclo de producción de semillas se determinó que la variedad A es más sensible que la variedad B a presentar modificaciones en su desarrollo y rendimiento provocado por el ambiente.

En el segundo ciclo de producción de semilla se comprobó que la variedad A es un 7.48 % más productiva que la variedad B. Siendo el rendimiento de semilla para la variedad A de 3.34 ton/ha, mientras que para la variedad B se obtuvo 3.09 ton/ha de semillas.

En la comparación de rendimiento de semilla en los dos ciclos de producción de la variedad B se determinó que el segundo ciclo tuvo un 9.96 % más rendimiento de semilla que el primer ciclo de producción.

### Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo financiero de la Universidad San Francisco de Quito para el desarrollo de las variedades y el uso de sus instalaciones para los experimentos de campo. Además, un agradecimiento especial a los estudiantes de Ingeniería de Agroempresas del Colegio de Ciencias e Ingenierías, y al personal de campo de la granja de la USFQ por el apoyo en el manejo de los experimentos en el campo.

### Referencias

- [1] Torres, M.; Bravo, A.; Caviedes, M.; Arahana, V. 2012. “Molecular and morphological characterization of S2 lines of black corn (*Zea mays* L.) from Ecuadorian Andes”. *Avances en Ciencias e Ingenierías. Publicado el 06/30/2012, publicación semestral Julio 2012 de la Universidad San Francisco de Quito.*
- [2] Velásquez, J.; Monteros, A.; Tapia, C. 2008. “Semillas: Tecnología de producción y conservación”. *INIAP, Quito - Ecuador.*
- [3] FAO. 1993. “El maíz en la nutrición humana”. *Departamento de Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición. Roma - Italia, 25.*
- [4] Halliwell, B. 1999. “Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning)”. *Free Radic Res. Department of Biochemistry, National University of Singapore, Singapore, 31(4):261 – 272.*

- [5] Pedreschi, R.; Cisneros-Zevallos, M. 2006. "Antimutagenic and antioxidant properties of phenolic fractions from andean purple corn (*Zea mays* L.)". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:4557 – 4567.
- [6] Cuevas, E.; Antezana, A.; Winterhalter, P. 2008. "Análisis y Caracterización de Antocianinas en Diferentes Variedades de Maíz (*Zea Mays*) Boliviano". *Memorias\*Red-Alfa Lagrotech\*Comunidad Europea\*Cartagena*, : 79 – 95.
- [7] Morris, M. 1998. "Maize seed industries in developing countries". *Capítulo 1: Maize in the developing world: Waiting for a green revolution. Rienner, CIMMYT. México DF.*
- [8] INIAP. 2013. "Venta de semillas y plantas". *Precio semillas maíz a nivel nacional, Ecuador.*
- [9] Caviedes, M. 2010. "Cultivos I: Sierra". *Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición.*
- [10] Pandey, S. 1998. "Maize seed industries in developing countries". *Capítulo 4: Varietal development: Conventional plant breeding. Rienner, CIMMYT. México DF.*
- [11] Agrawal, P.; Agrawal, B.; Venkat Rao, P.; Singh, J. 1998. "Maize seed industries in developing countries". *Capítulo 6: Seed multiplication, conditioning, and storage. Rienner, CIMMYT. México DF.*
- [12] Riccelli, M. 2000. "I Curso internacional sobre desarrollo de híbridos y producción de semilla de maíz". *ASO-PORTUGUESA, FONAIAP, CIMMYT: Impresora Portuguesa.*
- [13] Cubero, J. 2003. "Introducción a la mejora genética vegetal". *Grupo Mundi-Prensa: Madrid - España.*
- [14] Fontana, H.; González, C. 2000. "El maíz en Venezuela". *Fundación para la investigación agrícola DANAC. Fundación Polar: Caracas - Venezuela.*
- [15] Sánchez, J. 2002. "Introducción a la estadística en las ciencias biológicas". *Quito-Ecuador*, : 96.
- [16] Lind, W. D. and Marchal; Wathen, S. 2008. "Estadística aplicada a los negocios y la economía". *Mc Graw Hill: México DF.*
- [17] Sánchez-Otero, J. 2011. "Introducción al Diseño Experimental". *Quito, Ecuador.*
- [18] Ferro, E.; Ríos, H.; Chirino, E.; Márquez, M.; Valdés, R.; Suárez, Y.; Alfaro, F. 2008. "Entendiendo el sistema informal de semilla de maíz cubano. La selección de variedades de maíz (*Zea mays*, Lin) por campesinos de la Palma, Pinar del Río". *Cultivos tropicales. Cuba*, 29(1): 61 – 68.
- [19] Suquilanda, M. 2011. "Producción orgánica de cultivos andinos (manual técnico)". *FAOEC, Publisesores: Quito.*
- [20] Obrador, J. 1984. "Cosecha de granos: Trigo, maíz, fréjol y soya". *Oficina regional de la FAO para Latinoamérica y El Caribe: Santiago de Chile. Serie: Tecnología Postcosecha 2. Producido por: Departamento de Agricultura. Depósito de documentos de la FAO.*
- [21] Delouche, J.; Cadwell, W. 1960. "Seed vigor and vigor tests". *Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. Of. Seed Analysts*, : 124 – 129.