

# Influencia de la época y densidad de siembra sobre la calidad nutricional de genotipos de maíz en la Región Costa del Ecuador

## Influence of period and planting density on the nutritional quality of corn genotypes in Cost Region Ecuador

Carlos A. Molina Hidrovo<sup>1\*</sup>, Álvaro G. Cañadas López<sup>2</sup>, Diana Y. Rade Loor y José L. Zambrano Mendoza<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Ecuador. <sup>2</sup>Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Extensión Chone. Ecuador. <sup>3</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí del Centro de Investigación de las Carreras de la ESPAM-MFL (CICEM). Ecuador. <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ecuador. \*Correo electrónico: carlos.molina@iniap.gob.ec

### RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto de dos épocas y dos densidades de siembra sobre el valor alimenticio de diferentes genotipos de maíz, se realizó un experimento con un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones y un arreglo de tratamiento de parcelas dos veces divididas. Cada parcela principal represento una época de siembra, las densidades de siembra (62500 y 125000 plantas/ha) se ubicaron en las subparcelas y ocho genotipos de maíz dispuestos en las sub-subparcelas. Las variables evaluadas fueron fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), digestibilidad *in vitro* (DIV) y proteína cruda (PC). No se observaron efectos de la época y densidad de siembra sobre el contenido de FDN y FDA en los ocho genotipos de maíz, DIV se vio afectada por la época de siembra y la interacción época por densidad de siembra. El contenido de PC fue influenciado por la época de siembra y por el genotipo de maíz. Los resultados obtenidos de FDN (60,53±6,7), FDA (36,54±3,87), DIV (58,68±6,43) y PC (10,62±1,12) en los ocho genotipos evaluados, permite considerarlos como forrajes de calidad regular, lo que constituye una oportunidad para el mejoramiento genético de estos materiales por parte del INIAP, con la finalidad de desarrollar maíces forrajeros (*Zea mays* L.).

**Palabras Clave:** Calidad de forraje, genotipos de maíz, proteína cruda, producción de forraje.

### ABSTRACT

In order to evaluate the effect of two intensities rainy seasons and two planting densities on the nutritional quality of eight corn hybrids produced by INAP, a research process was conducted in 2013. It was applied a split - split plot design with three replications and averages were compared by Tukey's range tests. It was evaluated two planting seasons (28 January and 8 April) that were placed in large plots. Two planting densities (62500 y 125000 plants/ha) were located in the subplots and eight INIAP corn genotypes arranged in the sub-subplot. The evaluated variables were Neutral Fiber Detergent (NFD), Acid Fiber Detergent (AFD), *In vitro* digestibility (IVD) and Crude Protein (CP), obtaining the following results: The Neutral Fiber Detergent and Acid Fiber Detergent of eight hybrids were not influenced by the seasons and planting density, while IVD was affected by planting seasons and their interaction planting densities. CP was influenced by planting seasons and PC genetic content of eight INIAP maize genotypes. The NFD (60.53±6.7), AFD (36.54±3.87), IVD (58.68±6.43) y PC (10.62±1.12) showed homogeneous levels of the eight INIAP corn genotypes. They could be considered as a regular quality forage and an INIAP field of work for genetic improvement of these materials in order to find better maize forage (*Zea mays* L.).

**Key words:** Forage quality, corn genotypes, crude protein, forage production.

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador cuenta con una población aproximada de 4,5 millones de bovinos para la producción de leche y carne, según último Censo Agropecuario Nacional (Cornejo y Wilkie 2010), distribuidos en todo el territorio nacional; el 51% en la Región Interandina, 37% en el Litoral o costa y el 12% en la Amazonía. Esta población ganadera se encuentra asentada en una superficie de 3,35 millones de hectáreas de pastos cultivados y 1,12 millones de hectáreas de pastos naturales (Cornejo y Wilkie, 2010). Del total de las existencias; el 55% pertenecen a la raza criolla, 43% mestizos; una mínima proporción corresponde a razas puras para las líneas de carne, leche y doble propósito; siendo el número de unidades de producción alrededor de 427 mil, que de una u otra manera se dedican a esta actividad (Cornejo y Wilkie, 2010).

La mayor parte de la ganadería de la costa ecuatoriana se desarrolla en zonas carentes o escasas de lluvia, lo cual resulta en déficit de la oferta de alimento para el ganado durante el verano; esto promueve pérdidas de carácter económico y productivo como son: ausencia o disminución en la presentación de estros, pérdida de peso, disminución del crecimiento de los animales jóvenes, nacimiento de crías débiles e índices elevados de enfermedades y muertes (Cañadas y Siegmund-Schultze, 2004, García *et al.*, 2011, Cañadas *et al.*, 2015).

El ensilaje de maíz puede ser utilizado para la alimentación del ganado en épocas de disminución de la oferta forrajera y ha sido empleado extensamente para vacas lecheras lactantes que requieren alimentos ricos en energía con la finalidad de maximizar la producción de leche. Constituye un alimento con importantes características por su alta producción de forraje, niveles de proteínas y minerales (Arzate-Vázquez *et al.*, 2016).

La producción de forraje de maíz de alto valor energético requiere el suministro adecuado de agua en el momento del llenado del grano (Marsalis *et al.*, 2010). Sin embargo, recientes incrementos en la producción de maíz han sido atribuidos al desarrollo de modernos híbridos con mayor tolerancia al estrés. Por otra parte, se presume que su capacidad de prosperar bajo una alta densidad de siembra, se debe a

la mayor eficiencia de la captura y uso de los recursos tales como agua, luz solar y nutrientes (Raymond *et al.*, 2009).

Entre las gramíneas, es el mayor cultivo en la generalidad de países en desarrollo y ha sido empleado como un cultivo de rotación para mantener o incrementar el carbón orgánico del suelo; no obstante, se utiliza una extensa diversidad de variedades e híbridos de maíz que exhiben amplias diferencias en su potencial de producción (Dos Santos *et al.*, 2012).

La integración de aspectos agronómicos y calidad nutritiva permite una selección de materiales de maíz que puede ofrecer los mejores resultados (Marsalis *et al.*, 2010). En este sentido, la selección de genotipos, en relación a la época de producción y densidad de siembra son puntos importantes que deben ser considerados en la producción exitosa de forraje en la ganadería de doble propósito en la región costa del Ecuador. Se han realizado diferentes ensayos para determinar la densidad de siembra y épocas de siembra óptimas de los materiales para producción de grano, desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP; Cañadas *et al.*, 2015). Sin embargo, estas variables no han sido evaluadas para determinar su efecto sobre la calidad nutritiva de los genotipos desarrollados con fines de producción forrajera, por el mismo instituto. De tal manera que la presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de dos épocas y dos densidades de siembra, sobre el valor nutritivo de ocho genotipos de maíz forrajero, producidos por el INIAP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), localizada en la parte Oeste de la cordillera de Los Andes, en la región costa ecuatoriana, a una altura de 75 m.s.n.m, y coordenadas geográficas 79° 21'W y 1° 06'S. Presenta una temperatura promedio anual de 24 °C, heliofanía de 898,2 horas luz/año y precipitación de tipo uni-modal, con un total de 2000 mm/año, cuya distribución es representada en la Figura 1. Los valores de evapotranspiración para el año

de estudio, fueron predichos de acuerdo al modelo desarrollado por Cañadas *et al.* (2013), aplicado para determinar el balance hídrico en el área de investigación y el cual se describe a continuación:

$$PET=20,57*Es*(1-HR/100)$$

Dónde:  $PET$  = Evapotranspiración (mm/mes)

$Es$  = Presión de saturación de vapor (m bar)

HR = Humedad relativa

Los valores de evapotranspiración mensual (Línea punteada roja) son representados en confrontación con la precipitación promedio anual en la Figura 1. Estos dos parámetros determinaron el balance hídrico en la estación Pichilingue; los meses con un mayor déficit en la disponibilidad de agua fueron junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Así mismo, el área de investigación se encuentra ubicada en la formación ecológica de Bosque Húmedo Tropical (Cañadas, 1983).

## Manejo del experimento

Se utilizó un terreno en barbecho y la preparación del suelo del área experimental consistió en rastreo cruzado, nivelación y trazo de surcos. En el último pase de rastra se aplicó superfosfato triple (100 kg/ha) y muriato de potasio (100 kg/ha), al voleo. A los 15 días de la siembra se incorporó nitrógeno, equivalente a 200 kg de urea/ha y 30 días después de ésta aplicación, se efectuó otra de 150 kg de urea/ha. Se definieron dos momentos de siembra, época 1 (inicio de la época de lluvia, el 28 de enero del 2013), época 2 (declive de la precipitación, 8 de abril del 2013). Así mismo, se utilizaron dos densidades de siembra, densidad 1, en la que se mantuvieron 20 cm entre plantas y 80 cm entre surcos (62500 plantas/ha); densidad 2, fueron 20 cm entre plantas y 40 cm entre surcos (125000 plantas/ha). Se utilizaron los siguientes materiales genéticos desarrollados por INIAP: INIAP-6016, INIAP-6017, INIAP-6020, INIAP-6021, INIAP-H-553, INIAP-CML-172, INIAP-H-551, INIAP H-601.

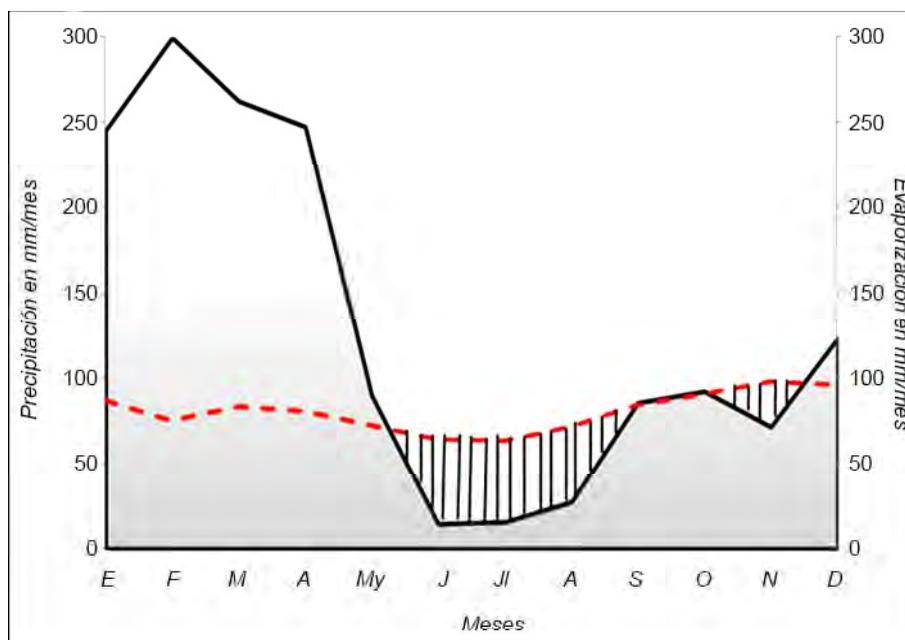


Figura 1. Distribución mensual de la precipitación en concordancia con el modelo de potencial de evapotranspiración (Línea roja). La zona lineada representa los meses ecológicamente secos estación meteorológica Pichilingue.

La cosecha del forraje se realizó a los 70 días para cada una de las épocas de siembra. Se cortó el maíz a 5 cm del nivel del suelo, para picarlas posteriormente. Del forraje fresco de cada parcela se tomaron muestras de 1000 gramos y colocadas en fundas de papel por unidad experimental identificando el tratamiento respectivo. Las muestras se secaron para establecer los siguientes parámetros: fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), digestibilidad *in vitro* (DIV) y proteína cruda (PC).

FDN y FDA se determinaron de acuerdo al método propuesto por Goering y Van Soest (1970), para DIV se siguió el procedimiento de Jung *et al.* (2004) y la PC fue evaluada de acuerdo a AOAC (2000).

### Diseño estadístico aplicado

Se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones y un arreglo de tratamientos de parcela dos veces dividida. El modelo estadístico aplicado se resume a continuación:

$$X_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E(a) + \delta_{ki} + (\alpha\delta)_{ik} + E(b) + \Omega_l + (\alpha\Omega)_{il} + (\delta\Omega)_{kl} + (\alpha\delta\Omega)_{ikl} + E(c)$$

Dónde:  $i = \dots a$  Dos épocas de siembra (Parcelas Principales PP)

$j = \dots b$  Dos densidades de siembra (Sub Parcelas SP)

$k = \dots c$  Ocho genotipos de maíz (Sub-sub Parcelas SSP)

$j = \dots r$  Tres repeticiones

Al comprobarse la existencia de diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de Tukey al 5% para la comparación múltiple de medias. El análisis de varianza se realizó empleando el programa SAS (SAS, 2010). Cada tratamiento estuvo dispuesto en parcelas de 100 m<sup>2</sup> y la superficie total experimental fue de 3600 m<sup>2</sup>. En la Figura 2 se observa una representación gráfica de la disposición del experimento en el campo.

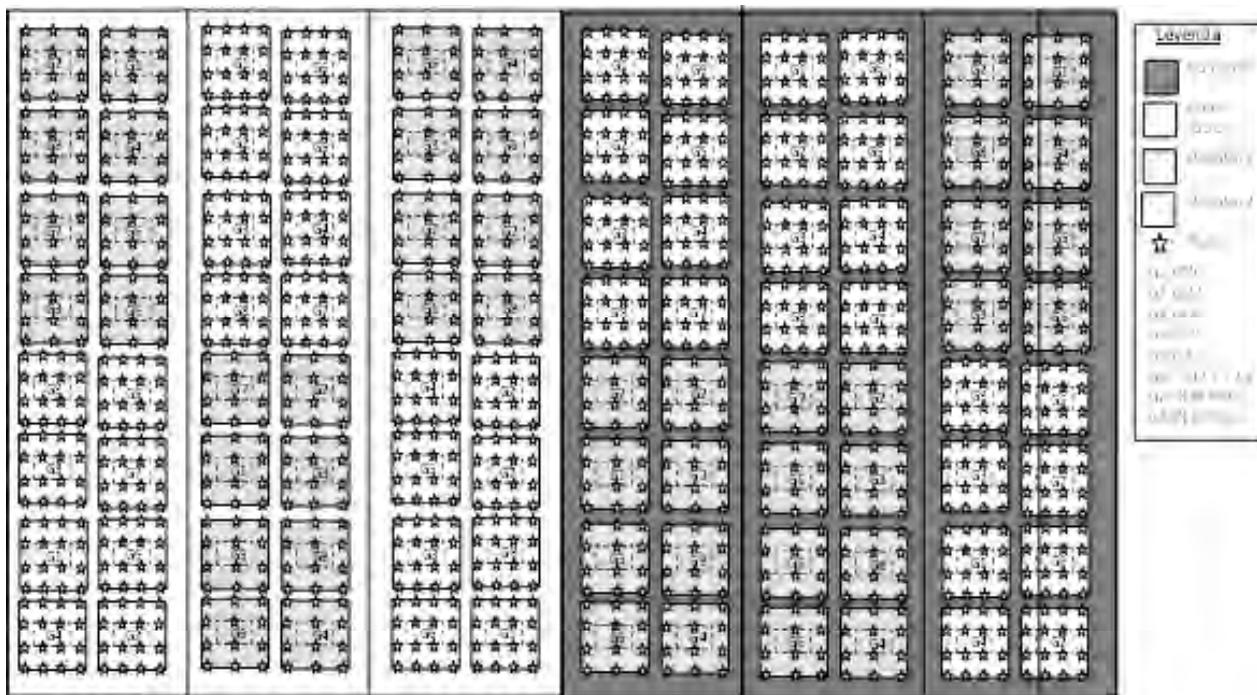


Figura 2. Representación gráfica de la disposición del experimento en el campo, Estación Experimental Tropical Pichlingue.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fibra Detergente Neutra

Los resultados del análisis de varianza muestran que el contenido de FDN de los materiales no fue afectado ( $P>0,05$ ) por la época y densidad de siembra, genotipo de maíz ni sus interacciones (Cuadro 1). Los coeficientes de variación expresados en porcentaje fueron de 3,31% para la PP, 4,18% para la SP y 5,17% para la SSP, los cuales se consideran adecuados para investigaciones de campo. El contenido de FDN representa la parte fibrosa de un forraje y constituye la combinación de hemicelulosa, celulosa y lignina. De ahí que, a medida que aumenta el porcentaje de FDN, la ingestión de materia seca disminuye.

Los resultados de FDN obtenidos en la presente investigación no coinciden con lo reportado por Lauer *et al.* (1999), quienes describieron que la interacción entre híbridos de maíz con épocas y densidades de siembra, promovió diferencias en el contenido de FDN. A pesar de que la época

de siembra no influenció el contenido de FDN de los materiales, Gallegos *et al.* (2012) describieron que la disminución del aporte de agua en estos cultivos, no permite la obtención de un forraje de alta calidad. Por otra parte, Ramírez *et al.* (2006) reportaron que plantaciones bajo riego gravitacional, obtuvieron los valores más altos de FDN en el forraje de maíz, en comparación con aquellas que recibieron riego por goteo.

En cuanto al efecto de la densidad de siembra sobre el contenido de FDN, los resultados obtenidos en ésta investigación coinciden con lo reportado por González *et al.* (2006), quienes no observaron diferencias estadísticas en el contenido de FDN entre diferentes densidades de siembra (60, 80 y 100 mil plantas por hectárea). No obstante, el desarrollo y madurez de los maíces forrajeros no solo tiene influencia sobre la producción de materia seca, sino también que influyen en el contenido de FDN (Cañadas *et al.*, 2015). En los maíces forrajeros, la lignina se considera como un componente anti-cualitativo por su impacto negativo sobre la

Cuadro 1. Significancia de cuadrados medios para las variables estudiadas en genotipos de maíz INIAP, bajo dos épocas y dos densidades de siembra, Estación Experimental Tropical Pichilingue.

FV	GL	FDN	FDA	DIV	PC
Repeticios	2	22,62	1540,51	3,08	0,07
Época (E)	1	55,51 <sup>ns</sup>	1176,01 <sup>ns</sup>	43,36*	8,76**
Error Tipo	2	25,29	1426,34	2,17	0,32
Densidad (D)	1	44,01 <sup>ns</sup>	1472,67 <sup>ns</sup>	3,18 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
E x D	1	21,09 <sup>ns</sup>	1419,67 <sup>ns</sup>	0,06**	0,01 <sup>ns</sup>
Error Tipo B	4	18,89	1244,39	4,04	0,437
Genotipos de Maíz (G)	7	60,90 <sup>ns</sup>	1374,40 <sup>ns</sup>	5,62 <sup>ns</sup>	12,84***
E x G	7	28,74 <sup>ns</sup>	1313,90 <sup>ns</sup>	5,11 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
D x G	7	50,10 <sup>ns</sup>	1186,10 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>
E x D x G	7	32,42 <sup>ns</sup>	1227,67 <sup>ns</sup>	5,59 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
Erro Tipo C	56	37,86	1340,76	5,93	0,23
Total	96				

<sup>ns</sup> No significativo, \*probabilidad 0,05, \*\*probabilidad 0,01, \*\*\*probabilidad 0,001.

FDN fibra detergente neutra, FDA fibra detergente acida, DIV digestibilidad *in vitro*, PC proteína cruda.

disponibilidad nutricional de la FDN (Hetta *et al.*, 2012). La alta heredabilidad y avance genético observados para los rasgos FDN, FDA y DIV, los hacen altamente confiables para la selección de líneas superiores de maíz. Estos atributos son prometedores para el proceso de mejoramiento genético de maíz con un doble propósito, producción de grano y forraje (Zaidi *et al.*, 2013).

El contenido de FDN de los materiales de maíz desarrollados por el INIAP se encontró ubicado en un rango entre 63,42 a 56,08%, con un promedio general de 60,53% ( $\pm 3,87$ ). El genotipo con menor porcentaje de FDN fue INIAP CML-172 con 56,08 %, seguido de INIAP-H-551 e INIAP-6020 con 59,17% y 59,18% respectivamente (Cuadro 2). Estos porcentajes son menores a los obtenidos por Gallegos *et al.* (2012) para los genotipos de maíz forrajero RS-9022, San Lorenzo y AS-905 cuyos valores fueron 67,79%, 67,10% y 65,90% respectivamente. Por otra parte, los porcentajes de FDN obtenidos en el presente estudio, se encuentran por debajo de los observados por Arzate-Vázquez *et al.* (2016) para los pastos *Andropogon sp.*, *Urochloa sp.* y *Megathyrsus maximun* (70,68%, 70,49% y 71,50%), existentes en el área de influencia de esta investigación.

### Fibra Detergente Ácida

No se evidenciaron efectos ( $P>0,05$ ) de la época y densidad de siembra, de los genotipos ni sus respectivas interacciones, sobre la variable FDA (Cuadro 1). Se registraron coeficientes de variación para la PP de 2,15%, para la SP de 3,08% y de 4,32% para la SSP, considerados adecuados para un estudio de campo.

Las condiciones de disponibilidad de agua no ejercieron ninguna influencia sobre el contenido de FDA, a pesar de que la siembra realizada en enero se efectuó bajo condiciones de superávit hídrico, mientras que la realizada en abril se ejecutó bajo condiciones de déficit de agua, que abarcó un 52% de los días que comprenden el ciclo de producción forrajero del maíz (Figura 1). Estos resultados no coinciden con los encontrados por Van Soest *et al.* (1991) quienes demostraron que los efectos ambientales modificaron la proporción de FDA, en híbridos de maíz para forraje debido a que estos valores fueron menores en épocas húmedas y frescas. Igualmente, Ramírez *et al.* (2006) reportan una significación estadística ( $P<0,05$ ) para el porcentaje de FDA, frente a diferentes sistemas de riego en comparación con el testigo.

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables estudiadas en genotipos de maíz INIAP, bajo dos épocas y dos densidades de siembra, Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Genotipos de Maíz	FDN (%)	FDA (%)	DIV (%)	PC (%)
INIAP H-601	63,42 <sup>ns</sup>	37,58 <sup>ns</sup>	58,83 <sup>ns</sup>	9,25 <sup>d</sup>
INIAP-602	62,00 <sup>ns</sup>	36,83 <sup>ns</sup>	57,25 <sup>ns</sup>	11,42 <sup>a</sup>
INIAP-6016	61,75 <sup>ns</sup>	38,08 <sup>ns</sup>	58,08 <sup>ns</sup>	10,08 <sup>c</sup>
INIAP-6017	61,67 <sup>ns</sup>	36,67 <sup>ns</sup>	57,83 <sup>ns</sup>	8,67 <sup>e</sup>
INIAP-H-553	60,42 <sup>ns</sup>	37,17 <sup>ns</sup>	58,58 <sup>ns</sup>	10,33 <sup>b</sup>
INIAP-6020	59,18 <sup>ns</sup>	35,92 <sup>ns</sup>	59,29 <sup>ns</sup>	9,50 <sup>c</sup>
INIAP-H-551	59,17 <sup>ns</sup>	33,75 <sup>ns</sup>	59,00 <sup>ns</sup>	10,50 <sup>b</sup>
INIAP-CML-172	56,08 <sup>ns</sup>	36,33 <sup>ns</sup>	58,82 <sup>ns</sup>	11,67 <sup>a</sup>
Promedio	60,53	36,54	58,59	10,62

Súper índices diferentes dentro de cada columna ( $P<0,05$ ).

FDN fibra detergente neutra, FDA fibra detergente acida, DIV digestibilidad *in vitro*, PC proteína cruda.

La densidad de siembra no tuvo efecto sobre los niveles de FDA ( $P>0,05$ ). Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Reta *et al.* (2000) quienes concluyen que la calidad del forraje del maíz no es influenciado por el método o densidad de siembra.

Los contenidos de FDA obtenidos en los genotipos evaluados, se ubicaron en un rango entre 37,17 a 33,75%, con un promedio general de 36,54% ( $\pm 3,87$ ). Los contenidos más bajos se evidenciaron en INIAP-H-551 seguido de INIAP-6020 e INIAP CML-172, con 33,75%, 35,92% y 36,33% respectivamente (Cuadro 2). Estos valores son inferiores a los descritos por Gallegos *et al.* (2012), quienes describieron contenidos de 38,26%, 38,24% y 37,57% para los genotipos RS-9022, San Lorenzo y AS-905 respectivamente, a una edad de cosecha de 112 días, cuando los granos presentaban un tercio de madurez (estado lechoso 74% de humedad). Así mismo, los valores obtenidos en la presente investigación, fueron menores a los obtenidos por Arzate-Vázquez *et al.* (2016), para los pastos *Andropogon sp.*, *Urochloa sp.* y *Megathyrsus maximun* (42,63%, 42,38% y 44,04%), los cuales se desarrollan en el área de influencia de la EETP.

### Digestibilidad *in vitro*

La época de siembra tuvo efecto sobre la DIV ( $P<0,05$ ); la digestibilidad *in vitro* fue mayor (59,14%) durante la época 1, periodo con mayor precipitación, comparada a la obtenida durante la época 2, de menor precipitación (57,79%; Cuadro 1). Los coeficientes de variación para DIV fueron de 2,50% para la PP, de 3,44% para la SP y 4,17% para la SSP, adecuados para las investigaciones de campo.

Durante la época 1, se registraron 600 mm durante el ciclo de cultivo (70 días), mientras que en la época 2 hubo un total de 330 mm durante los 70 días del cultivo, de los cuales 37 días registraron un déficit hídrico (Figura 1). Esta relación entre disponibilidad de agua y DIV es descrita por Ramírez *et al.* (2006), en un estudio que evaluó el efecto del riego superficial sobre la calidad forrajera del maíz. Esta investigación detectó diferencias en el porcentaje de DIV, de acuerdo a diferentes tipos de riego.

Igualmente se observó una interacción de alta significancia ( $P<0,01$ ) entre la época 1 y la densidad de siembra 2 (125000 plantas/ha), hallazgo que coincide con lo reportado por Marsalis *et al.* (2010). No obstante, éste resultado demostraría la necesidad de riego para las épocas de poca disponibilidad de agua, lo cual elevaría los costos del cultivo. Esto último debe ser objeto de análisis ya que para asegurar la sostenibilidad del uso de maíz forrajero para alimentación animal, es necesario la reducción de los costos.

Los resultados obtenidos están en contra posición con los reportados por Widdicombe y Thelen (2002) quienes sostienen que el incremento de la competencia entre plantas, reduce la digestibilidad del forraje de maíz. No obstante, estos estudios fueron conducidos en climas templados y otras latitudes. Por otra parte, los genotipos desarrollados por el INIAP no mostraron diferencias ( $P>0,05$ ) en la DIV. De acuerdo a Frey *et al.* (2004), la digestibilidad de tallos y hojas de maíz está directamente relacionada con el genotipo. Así, la variación de esta característica podría ubicarse entre 26,2 a 65,0% para tallos de híbridos forrajeros, mientras que para hojas, entre 58,0 a 67,6%. Por tal motivo, estos investigadores sugieren trabajar en el mejoramiento de esta característica, a fin de incrementar el nivel nutricional de los maíces forrajeros.

El promedio general de DIV para los materiales de INIAP fue 58,59%  $\pm 6,43$ , el cual se puede considerar un valor relativamente bajo. La DIV descrita por Gallegos *et al.* (2012) para los materiales RS-9022, San Lorenzo y AS-905 se ubica en 63,79%, 64,81% y 63,65%, respectivamente, los cuales se pueden considerar superiores a los observados en esta investigación.

### Proteína Cruda (PC)

El contenido de proteína cruda (PC) se vio afectado por la época de siembra ( $P<0,01$ ) y genotipos de maíz ( $P<0,001$ ), lo que demuestra la heterogeneidad de estos materiales (Cuadro 1). El mayor contenido se observó durante la época 1 (10,92%), comparada a la época 2 (9,87%). Los coeficientes de variación para PC fueron de 3,58% en la PP, de 3,67% para la SP

y de 4,70% para la SSP, valores adecuados para una investigación de campo.

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Marsalis *et al.* (2010), Gallegos *et al.* (2012) y Cañadas *et al.* (2015), quienes reportaron que el contenido de PC de diferentes materiales de maíz, se ve afectado por disminución del volumen de agua para riego.

En cuanto a los genotipos de maíz utilizados, los resultados muestran diferencias en el porcentaje de PC entre los materiales de INIAP investigados ( $P < 0,001$ ; Cuadro 2). El promedio general fue de 10,62% y la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey 5%) permitió establecer las diferencias entre los genotipos. Se evidenció la formación de cinco rangos; en el primero se ubicaron INIAP-CML-172 e INIAP-6021, con porcentajes de 11,67% y 11,42% respectivamente. En el segundo, se situaron INIAP-H-551 e INIAP-H-553, con porcentajes de 10,50% y 10,33%, en el tercero se colocó INIAP-6016 con 10,08%. En el cuarto y quinto rango, se ubicaron los materiales con menores contenidos de PC.

A excepción de INIAP-6017, los contenidos de PC encontrados en la presente investigación, son superiores a los reportados por Gallegos *et al.* (2012), en el Municipio Gómez Palacios, México, para los materiales forrajeros San Lorenzo, AS-905 y RS-9022 (9,04%, 9,00% y 8,57% respectivamente). Los valores de PC obtenidos se pueden considerar altos al compararlos con los porcentajes de PC reportados en pastos por Arzate-Vázquez *et al.* (2016), para *Andropogon* sp., *Urochloa* sp. y *Megaphysus maximun* (5,58%, 5,47% y 6,05% respectivamente).

## CONCLUSIONES

El contenido de FDN y FDA de los genotipos estudiados, no fue influenciado por la época y densidad de siembra, mientras que la DIV fue afectada por la época de siembra y por la interacción época por densidad de siembra. Por otra parte, la época de siembra y las características propias de cada genotipo, ejercieron efecto sobre el contenido de PC de los materiales. Los mayores contenidos de PC, se encontraron en los INIAP-CML-172, INIAP-H-551 e INIAP-6021, por lo que se

pueden considerar como materiales con mejor calidad nutritiva.

## LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Analytical Communities). 2000. Official Methods of the AOAC International. AOAC. International, Gaithersbur, MD. 13<sup>th</sup> ed.
- Arzate-Vázquez, G., F. Castrejón-Pineda, R. Martínez, S. Carrillo-Pita, S. Ángeles-Campos and E. Vargas-Bello-Pérez. 2016. Effect of genus and growth stage on the chemical and mineral composition of tropical grasses used to feed dairy cows. *Cien. Inv. Agr.*, 43(3):476-485.
- Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador". Editores Asociados. Quito, Ecuador. 210 p.
- Cañadas, A., C. Molina, D. Rade y F. Fernández. 2015. Interacción época/densidad de siembra sobre la producción de ocho híbridos de maíz forrajeros, Ecuador. *MVZ Córdoba.*, 21(1): 5112-5123.
- Cañadas, A., D. Rade, C. Zambrano, C. Molina y L. Arce. 2013. Evaluación y manejo de fuentes semilleras de Teca en la Estación Experimental Tropical Pichilingue-Ecuador. *A.C.I.*, 5 (1):64-75.
- Cañadas, A. and M. Siegmund-Schultze. 2004. Potential legumes to improve livestock production and biodiversity in the traditional Silvopastoral System in Canton Loreto, Ecuador. En: L.T. Mannelje *et al.* (Eds.). The importance of Silvopastoral systems in rural livelihoods to provide ecosystems services. Third International Symposium on Silvopastoral Systems. IUFRO, Mérida, Yucatan, México, pp. 221-226.
- Cornejo, C. and A. Wilkie. 2010. Greenhouse gas emissions and biogas potential from livestock in Ecuador. *Energy Sustain. Dev.*, 14:256-266.
- Dos Santos, N., S. Prior, J. Gabardo, C. Valaski, A. Motta and A. Ferreira. 2012. Influence of Corn (*Zea mays* L.) Cultivar Development on Residue Production. *J. Plant Nutr.*, 35:750-769.

- Frey, T., J. Coors, R. Shaver, J. Lauer, D. Eilert and P. Flannery. 2004. Selection for Silage Quality in the Wisconsin Quality Synthetic and Related Maize Populations. *Crop Sci.*, 44:1200-1208.
- Gallegos, A., A. Martínez, M. Sánchez, R. Figueroa, S. Berumen, J. Vengegas, J. Quevedo, D. Escobedo y M. Silos. 2012. Calidad nutricional del maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo condiciones limitadas de agua de riego. *Agrofaz.*, 12 (1):59-66.
- García, D., M. Medina, D. Perdomo, P. Moratinos, L. Cova y M. Soca. 2011. Efecto de algunos factores que influyen en el rendimiento de proteína bruta de la Morera (*Morus alba* L.) en el estado de Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical.*, 29(4):411-420.
- Goering, H. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents procedures a some applications) USDA-ARS. *Agri. Hand Book* No 179.
- González, F., A. Peña, G. Núñez y Jiménez C. 2006. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad de forraje de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.*, 28(4):393-397.
- Hetta, M., Z. Mussadiq, A. Gustavsson and C. Swensson C. 2012. Effects of hybrid and maturity on performance and nutritive characteristics of forage maize at high latitudes, estimated using the gas production technique. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 71:20-30.
- Jung, H., M. Reath-Knight and J. Linn. 2004. Forage fiber digestibility; Measurement, variability, and impact. *Proc. 65 th MN Nutr. Conference.* Bloomington, MN 105-124.
- Lauer, J., P. Carter, T. Wood, G. Diezel, D. Wiersma, R. Rand and M. Mlynarek. 1999. Corn hybrid response to planting date in the northern Corn Belt. *Agro.*, 91:834-839.
- Marsalis, M., S. Angadi and F. Contreras. 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. *Field Crop Res.*, 116:52-57.
- Ramírez, J., J. Montenegro, S. Bravo, M. Hernández, R. Aldaco y Ruiz E. 2006. Características agronómicas y calidad de maíz forrajero con riego sub-superficial. *Tec. Pec. Mex.*, 44(3):351-357.
- Raymond, F., M. Alley, D. Parrish and W. Thomason. 2009. Plant density and hybrid impact on corn grain and forage yield and nutrient uptake. *J. Plant.Nutr.*, 32(3):395-409.
- Reta, D., A. Gaytány y J. Carrillo. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.*, 23:37-48.
- SAS Institute INC. 2010. *SAS/STATTM User's guide.* Release 8.0 Ed. Cary. NC. USA.
- Van, Soest P., J. Roberston and B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74:3583-3597.
- Widdicombe, W. and K. Thelen. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron. J.*, 94:326-330.
- Zaidi, P., M. Vinayan and M. Blümmel. 2013. Genetic variability of tropical maize stover quality and the potential for genetic improvement of food-feed in India. *Field Crop Res.*, 153:94-101.