

BOLETIN TECNICO No. S 61

MAYO DE 1966

INIAP

INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

Influencia de la Densidad de Siembra
y de la Fertilización en el Cultivo
de tres Cereales en Santa Catalina

Héctor Merino y Gonzalo Luzuriaga**

Influencia de la Densidad de Siembra y de la Fertilización en el cultivo de tres cereales en Santa Catalina*

Héctor Merino y Gonzalo Luzuriaga**

RESUMEN

En un suelo "Negro-andino" franco limoso de valle alto y con una precipitación anual media de 1.400 mm y temperatura media de 11°C, se llevaron a cabo tres ensayos de campo para estudiar la influencia de tres densidades de siembra y tres dosis de fertilizante completo 10—30—10, en el rendimiento, macollamiento y características de la inflorescencia de trigo, cebada y avena. En trigo, la variedad Crespo rindió más que la variedad Napo, siendo en la primera, significativo el aumento de rendimiento, tanto al aumentar la dosis de semilla, como la de fertilizante. En la cebada, la variedad Criolla de seis hileras produjo más que la Chilena de dos hileras. En la primera tuvo efecto más pronunciado el factor densidad de siembra. El incremento de fertilizante así como la mayor densidad, produjo un efecto positivo sobre las dos variedades de avena estudiadas.

No se encontró una correlación consistente entre el macollamiento y características de la inflorescencia frente al rendimiento; se notó que las mayores producciones se debieron principalmente a un incremento de la población por unidad de superficie, ya que al aumentar los niveles de los factores estudiados, se observó una tendencia a disminuir la intensidad del macollamiento y de la longitud de la inflorescencia.

Entre los cereales, el trigo, la cebada y la avena son cultivados desde hace mucho tiempo en el país, especialmente los dos primeros, mas, sus rendimientos por unidad de superficie son bajos a pesar de que las condiciones ecológicas

de una amplia área de la zona interandina del Ecuador son favorables para tales cultivos.

Mediante el uso apropiado de fertilizantes, de variedades mejoradas y de buenas prácticas de cultivo es posible obtener rendimientos sa-

* Trabajo de tesis presentado como requisito parcial a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Central del Ecuador.

** Edafólogo y Jefe del Departamento de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP, respectivamente.

insatisfactorios en nuestro medio, según indica la experiencia en algunas localidades del país.

Thayer y Rather (18), Glynn y Slope (10), Ronnic (17), y Wiggans y Frey (20).

REVISION DE LITERATURA

Numerosos investigadores en diversas partes del mundo se han ocupado de estudiar la fertilización de los cereales, poniendo atención en las condiciones particulares de clima, suelo, prácticas culturales y variedades de cada región.

Según Arvizú y Laird (2) el empleo de técnicas adecuadas de cultivo, persigue el conseguir una densidad óptima de plantas y un suministro apropiado de los elementos esenciales que ellas requieren. La cantidad de semilla a emplearse por unidad de superficie en un cultivo, es un factor importante en el rendimiento del mismo.

Como resultado de la experiencia, y de muchos trabajos experimentales (1, 3, 5, 9, 11, 12, 17, 19), se sabe que cada variedad de cereal requiere una densidad óptima de siembra, la que a su vez depende de factores como el distanciamiento entre hileras, época de siembra, precocidad de las variedades —ya que en general, las más precoces macollan menos que las tardías—, tipo de suelo, y en fin calidad de la semilla.

Recomendaciones de trabajos realizados en México (14), indican que con una semilla de buena calidad y un mínimo de 85 por ciento de germinación, siembras de alrededor de 130 kg. por hectárea ya representan un gasto superfluo.

Estudiando la influencia de varias densidades de siembra en el trigo, Das y Varma (7), concluyen que al aumentar ese factor se reduce el número de tallos con espiga por planta, así como la longitud de la espiga, el número de espiguillas y el número de granos por espiga; igualmente observaron una disminución en el peso de los mil granos y ninguna alteración en la producción de paja. Resultados similares se han informado en la cebada y avena por parte de

En general, un aumento en la cantidad de semilla empleada resulta en una reducción en el macollamiento, así como en la longitud de la espiga, número de granos por espiga y en un aumento en el encamado (7, 13, 18, 20).

La respuesta a la fertilización cambia de acuerdo con las variedades de cereales empleadas, estando determinada esa reacción por características biológicas, particularmente por diferencias en el sistema radicular de acuerdo con Vavilov, citado por Chávez (6).

Pan y Kung (16), al estudiar el efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento del trigo, dedujeron que el primero da más exuberancia y color a las plantas, así como favorece el macollamiento, y usado en demasía las predispone a las enfermedades y al encamado; el fósforo, a más de estimular el crecimiento contribuye a aumentar la resistencia al encamado así como el peso del grano, siendo la influencia del potasio más bien sobre la producción, que sobre el crecimiento. Estudiando la fertilización del trigo, William y Smith (21), encontraron que en suelos bien fertilizados el grano es más rico en gluten y de alta productividad en harina.

Nelson y Meldrum (15) y Atkins et al. (3), trabajando en la fertilización de la cebada, determinaron que el nitrógeno incrementó el contenido proteico del grano con detrimento de las cualidades malteras, mientras que el fósforo mejoró estas últimas.

Toda la evidencia experimental indica que un buen balance de los elementos minerales, unido a prácticas racionales de cultivo pueden asegurar una buena producción de grano en los cereales.

Los objetivos de este trabajo fueron, estudiar la influencia de tres densidades de siembra y tres dosis de fertilizante completo en el rendimiento, macollamiento, tamaño de la inflorescencia, número de granos por inflorescencia y peso hectolítrico de dos variedades de trigo, cebada y avena.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el ciclo de crecimiento de 1964, mediante tres ensayos de campo en la estación experimental Santa Catalina del INIAP, localizada en una meseta de altura de la zona interandina ecuatoriana, con una altitud media de 3,050 m, una precipitación anual de alrededor de 1,400 mm y una temperatura media de 11° C.

Según Cáceres (4), el suelo de la zona de los ensayos pertenece a "suelos de tierras andinas altas", que de acuerdo con la nomenclatura de los grandes grupos de suelos del país, de Frei (8), se denominan "suelos negro-andinos", desarrollados en un clima ecuatorial templado a frío sin horizontes lateríticos, con un horizonte superficial negruzco bastante profundo y subsuelo amarillento claro; textura franca a franco-limosa orgánica, estructura granular fina a muy fina con un contenido de nitrógeno total en la capa arable que varía entre 0.5 y 0.7%; de fósforo entre 0.04 y 0.06 meq./100 g; de potasio intercambiable entre 0.3 y 0.6 meq./100 g y pH entre 5.4 y 5.8.

En el ensayo de trigo se emplearon las variedades "Crespo" y "Napo", ambas seleccionadas en el país; en el de cebada una variedad de dos hileras llamada "Chilena", usada en maltería y una de seis hileras conocida como "Criolla" y en el ensayo de avena las variedades "PC-1", llamada posteriormente "Bacatá" y "Sac". En todos los ensayos las parcelas recibieron fertilizante completo 10—40—10.

Los tres experimentos factoriales 3 x 3 x 2 fueron diseñados en "parcelas divididas", estudiándose en la parcela grande los factores densidad de siembra (D) y dosis de fertilizante (F) y en la subparcela la variedad. Los niveles de los factores considerados fueron, para el trigo: $D_1 = 70$, $D_2 = 100$, $D_3 = 130$ kg/ha; para la cebada: $D_1 = 50$, $D_2 = 80$, $D_3 = 110$ kg/ha; para la avena: $D_1 = 20$, $D_2 = 30$ y $D_3 = 40$ kg/ha; en los tres cereales: $F_1 = 150$, $F_2 = 300$, $F_3 = 450$ kg/ha.

El trigo y la cebada se sembraron en hileras separadas a 30 cm y la avena en hileras a

60 cm. El fertilizante se aplicó en el surco al momento de la siembra. La cosecha se realizó con hoz y el peso del grano se ajustó a una humedad del 14%. La muestra para la evaluación de la longitud de la inflorescencia y número de granos por inflorescencia constó de diez tallos por subparcela y para el número de macollos de diez plantas por subparcela. El peso hectolítrico se determinó en muestras provenientes de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las condiciones climáticas durante el ciclo de crecimiento de las plantas fueron algo irregulares en la zona de los ensayos; en la época de siembra (febrero y marzo) la precipitación fué escasa y más bien en la cosecha (agosto a octubre) se presentaron lluvias esporádicas, sin embargo se obtuvo un buen crecimiento de las plantas y bastante uniformidad en las parcelas. La duración del ciclo vegetativo fué de 6 y 7 meses para los trigos Crespo y Napo; de 6 y medio y 7 meses para las cebadas Chilena y Criolla y de 6 meses para ambas variedades de avena.

Rendimiento: En el Trigo Crespo se pudo apreciar un aumento del rendimiento en relación directa tanto a la densidad de siembra como a la intensidad de la fertilización, siendo más notorio el efecto debido a este último factor como lo indica el coeficiente de correlación parcial correspondiente de la Tabla 2. Este trigo respondió ampliamente a los incrementos de los factores en estudio; si se observa los datos de la Tabla 1, es notorio que partiendo del rendimiento debido a $D_1—F_1$ o sea 5.00 ton, al aumentar la intensidad de D, la fertilización aparece como el factor limitante, pues tanto en D_2 como en D_3 el rendimiento es igual a 5.31 ton. Cosa semejante ocurrió con F_2 al ascender D, no así en F_3 , nivel al cual el rendimiento fué creciente al subir la dosis de siembra, indicando esto que el trigo Crespo es capaz de responder satisfactoriamente a un aumento en la densidad de siembra, siempre que reciba una fertilización adecuada. Por los resultados se intiere que esta variedad es de gran capacidad productiva y que sus exigencias de nutrientes son grandes.

Tabla 1. Rendimientos promedio de los cereales en ton m/ha en función de la densidad de siembra (D) y de la fertilización (F).

Tratamiento D—F	Trigo		Cebada		Avena	
	Crespo	Napo	Chilena	Criolla	Sac	PC—1
D ₁ - F ₁	5.00	4.21	3.15	3.33	1.86	1.86
D ₁ - F ₂	5.78	5.48	3.17	4.04	2.30	2.21
D ₁ - F ₃	6.17	5.53	4.12	3.95	2.64	2.24
D ₂ - F ₁	5.31	4.49	3.52	4.06	2.02	2.40
D ₂ - F ₂	6.30	5.79	4.08	3.96	2.33	2.51
D ₂ - F ₃	6.53	5.70	4.34	3.80	2.71	2.54
D ₃ - F ₁	5.31	4.95	4.03	4.56	2.60	2.78
D ₃ - F ₂	6.28	5.55	3.43	4.67	2.56	2.43
D ₃ - F ₃	7.28	5.29	4.04	4.39	3.14	2.90

Con el trigo Napo la respuesta no fué regular como se observa en la Fig. 1; se obtuvo un aumento de rendimiento al subir tanto la dosis de siembra como la de fertilizante del nivel 1 al nivel 2 para luego disminuir al nivel máximo de los dos factores. El mayor incremento de producción se tuvo con el factor fertilizantes como lo indica el coeficiente de correlación parcial correspondiente que sin llegar a ser significativo estuvo cerca de ello. Algo diferente a lo de la variedad Crespo se observó en este caso, ya que la fertilización al nivel F1 no limitó la producción al crecer D, pero sí actuó negativamente al nivel F3, siendo más efectiva en promedio en F2; es decir que Napo posiblemente responde mejor a dosis no muy altas de fertilización y de siembra en el tipo de suelo ensayado.

La significación obtenida entre variedades indicó una superioridad del trigo Crespo, que en promedio presentó mejores características tanto en macollaje como en peso hectolítrico. Una ventaja de Napo es su precocidad, que en las condiciones climáticas del ensayo fué de cuatro semanas con respecto a Crespo.

Aunque en el experimento de la cebada se usaron dos variedades de características diferentes: una dística y otra de seis hileras, los resultados obtenidos ilustran el comportamiento de la primera que pertenece a un tipo no muy difundido en el país, frente a la de tipo tradicional.

La variedad "Criolla" de seis hileras rindió en promedio más que la otra, debido principalmente a características de su espiga así como al mayor macollamiento; más decisiva en el rendimiento de esta variedad fué la influencia de la densidad de siembra cuyo coeficiente de correlación fué significativo y la respuesta regular; el influjo de la fertilización fue, más efectivo en el nivel 3.

La cebada dística aunque respondió mejor a la dosis intermedia de siembra, sin embargo tuvo una respuesta irregular a este factor; más regular fué el comportamiento frente a la fertilización, pero no se encontró significación en los coeficientes de correlación respectivos. Mas, si se observa la Fig. 1, en la curva debida a los fertilizantes, puede verse que la respuesta promedio de esta variedad a F3 fué superior a la de la cebada Criolla, lo que hace suponer que aquella puede potencialmente responder en forma adecuada a la fertilización. La diferencia significativa encontrada al comparar el rendimiento de las dos variedades, en favor de la cebada Criolla, sin embargo, no representa un beneficio económico que pueda llevar a recomendarla, ya que su precio en el mercado es muy inferior al de la cebada dística; por otro lado, por su gran talla la Criolla es altamente susceptible al encame.

Regresión gráfica de rendimientos sobre dosis de fertilizantes y densidad de siembra en los tres cultivos.

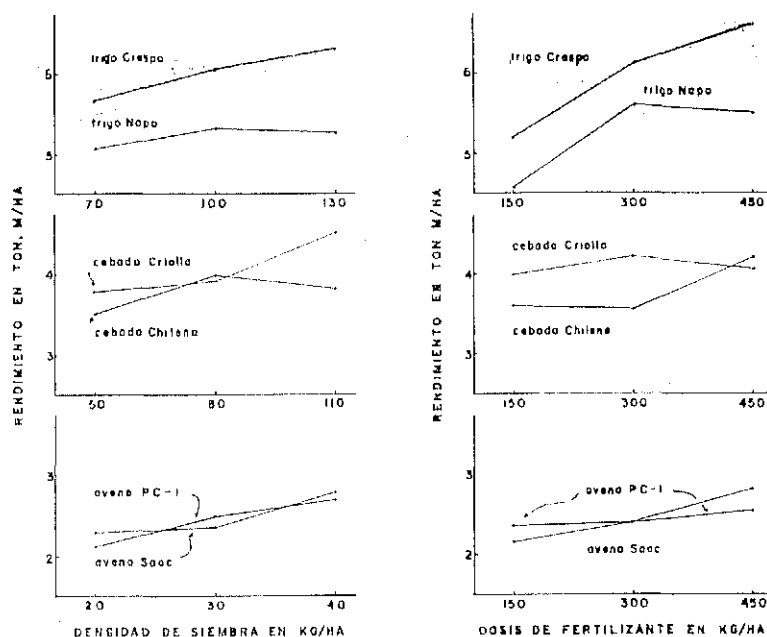


Tabla 2. Coeficientes de correlación parcial y múltiple entre el rendimiento (P) y las dosis de siembra (D) y fertilizante (F) de los experimentos.

	Trigo		Cebada		Avena	
	Crespo	Napo	Chilena	Criolla	Sac	PC-1
$R_{P,D,F}$	0.8078 *	0.2055	0.4165	0.8372 *	0.8732 *	0.8775 *
$R_{P,F,D}$	0.9518 **	0.7318	0.5955	0.5781	0.9258 **	0.5381
$R_{P,DF}$	0.9589 **	0.7382	0.6570	0.8459 *	0.9497 **	0.8885 *

El rendimiento de las dos variedades de avena empleadas fué ampliamente estimulado al aumentar tanto la dosis de siembra como la de fertilización; en ambos casos la respuesta al factor D dió coeficientes de correlación significativos y en el caso de la avena Sac se obtuvo un coeficiente altamente significativo con la fertilización. Los resultados obtenidos parecen indicar que habría respuesta a mayores dosis de semilla en ambas variedades. No se encontró diferencia estadística entre las dos avenas en cuanto a su producción de grano, efectivamente, los rendimientos promedios generales fueron de 2.31 y 2.43 toneladas por hectárea para Sac y PC-1 respectivamente, atribuyéndose la pequeña diferencia a favor de esta última a su mayor peso hectolítrico.

Macollamiento: Al estudiarse esta característica de

los cereales, que puede estar influenciada por la densidad de siembra y de abonamiento, no se encontró consistencia en los datos correspondientes al trigo Crespo. En general, esta variedad macolló más que Napo al usarse la dosis máxima de semilla con una depresión en la dosis intermedia; pero la tendencia de aquel fué la de una disminución en el macollamiento al subir los niveles de los factores estudiados.

Los resultados con la variedad Napo mostraron una disminución constante aunque no significativa del macollamiento en razón inversa a la cantidad de semilla y fertilizante, lo que hace suponer que cualquier aumento en el rendimiento al crecer la dosis de siembra se debería a una mayor densidad de plantas por unidad de superficie antes que a un abundante macollamiento.

En lo que a la cebada se refiere, la variedad dística se comportó significativamente superior a la de seis hileras en cuanto al número de macollos por planta; pero en conjunto, en ambas variedades hubo una tendencia a la disminución de esta característica al aumentar la dosis de siembra igual que lo sucedido con el trigo. Un comportamiento similar se obtuvo con las dos variedades de avena en las que el número de macollos al crecer el factor semilla disminuyó sin alcanzar la significación.

La inconsistencia de los datos de macollaje obtenida en algunas de las variedades usadas en los experimentos, puede tener relación con defectos de muestreo, sin embargo, como se anotó al hablar del trigo, el aumento de la cantidad de semilla se traduce en mayor competencia entre plantas con una baja en el número de brotes por planta.

Características de la inflorescencia: Los resultados obtenidos en cuanto a longitud de espiga y número de granos por espiga en el trigo, indicaron una disminución significativa de las dos características en ambas variedades, al aumentar la densidad de siembra. La variedad Napo produjo espigas más largas que Crespo, aunque el número promedio de granos por espiga fué similar en los dos trigos. Aquí también pudo notarse como los factores estudiados influyeron más en la densidad de población que en las características de la inflorescencia.

Con la cebada, la longitud de la espiga decreció en forma significativa en las dos variedades al aumentar la intensidad de los factores en estudio. No hubo significación en cuanto al número de granos por espiga, pero en general, en los dos cebadas se presentó la tendencia a que

disminuya este número en razón inversa a la densidad de siembra y a la fertilización. No se pudo encontrar una influencia de estos factores en la longitud y número de granos por panoja en las avenas probadas.

Peso hectolítrico: Las variaciones encontradas en la determinación del peso hectolítrico en los tres cereales fueron tan pequeñas, que se puede aseverar sobre la ninguna influencia, especialmente de la fertilización en la modificación de esta característica del grano. Esto parece comprobar el principio de que el peso hectolítrico tiene que ver más con la variedad y con las condiciones ecológicas antes que con la fertilización del suelo.

S U M M A R Y

Three field trials were conducted on a "Black-andean" silty loam, to study the influence of three sowing rates and three levels of complete fertilizer on yield, tillering and head characteristics of wheat, barley and oats. The wheat variety Crespo yielded more than Napo, with a significant positive correlation due, both to the increase in seeding rate and fertilization level. Results with barley showed that the local variety Criolla did a significant response to seeding rate increments. The two studied factors showed a significant positive correlation as far as oats is concerned. No consistent correlation between tillering and head characteristics with yield was found, but an increase in the latter owing to plant density per unit area was evident as a result of the tendency to decrease grain production at the same time as the considered factors increased.

LITERATURA CITADA

1. ANANT RAO, N. K. et al. Response of wheat varieties to different sowing dates and seed rates. *Indian J. Agr. Sci.* (26) 4: 351-60, 1956.
2. ARVIZU, ZEFERINO R. y LAIRD, R. J. Fertilización del trigo en el valle del Yacui. México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Oficina de Estudios Especiales. Folleto Técnico N° 26, 1958. 44 p.
3. ATKINS, R. E., STANFORD, GEORGE and DUMENIL, LLOYD. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer on yield and maturing quality of barley. *J. Agr. Food Chem.* (3)7: 609-15, 1955.
4. CACERES, JORGE H. Levantamiento detallado de Suelos. Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central, 1960. 76 p. (Mecanografiada).
5. CHAUDHARI, B. B. et al. Optimum seed rate in relation to grain size for rain-fed (dry) wheat. *Poona Agr. Coll. Mag.* (50)3: 171-75. 1959. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (14)1: 9. 1961).
6. CHAVEZ, R. Contribución al estudio de los fertilizantes para el trigo en México. *Acta Agronómica* (3)4: 454-58, 1957.
7. DAS, K. and VARMA, S. C. Differential response of certain varieties of wheat to varying rates of seeding. *J. Sci. Res. India* (6)2: 175-80. 1956. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (10)3: 157. 1957).
8. FREI, ERWIN. Informe al Gobierno del Ecuador sobre reconocimientos edafológicos exploratorios. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 1957. 33 p.
9. GARCIA, E. El cultivo de la cebada cervicera en la sierra. Perú. Maltería Lima S.A. Boletín No. 1, 1960. 22 p.
10. GLYNNE, MARY D. and SLOPE, D. B. The effect of seed rate and nitrogen on lodging and yield of spring barley. (Field experiments 1964 and 1965). *J. Agr. Sci.* (49)4: 454-58, 1957.
11. GRIFFITHS, D. J. Oats. *Welsh Pl. Breed. Sta. Rep.* N° 1950. 6: 71-86. Aberystwyth. 1958. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (12)1: 17. 1959).
12. JACKSON, H. and PAGE, J. B. Seed rates for spring barley and winter wheat. *Exp. Husb.* N° 2: 1-11, 1957. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (10)3: 168. 1957).
13. MALKANI, T. J. and SHRIVASTAVA, P. R. On the effect of nitrogen, nitrogen plus potash, seed-rate and depth of sowing on some morphological characters in relation to lodging in two varieties of wheat. *Indian J. Agr. Sci.* (28):1: 115-28, 1958.
14. MEXICO. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. C.I.A.N.O. Recomendaciones para el cultivo de trigo en la costa noroeste del Pacífico, Ciclo 1960-61. Boletín N° 327, 1960. 22 p.
15. NELSON, L. BOND and MELDRUM, H. R. Fertilizer boost yields of small grains, grasses and legumes. *Station-Iowa. Agr. Ext. Serv. Bulletin* p 100: 403-24, 1949.
16. PAN, C. L. and KUNG, P. Fertilizers and the agronomic characteristics of wheat and rape. *Nung Pao* N° 8: 78-87. 1943. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (2)1: 30. 1949).
17. RENNIE, G. K. Experiments on seed rates and nitrogen rates for spring barley 1952-3-4. *Exp. Husb.* N° 2: 12-17. 1957. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (10)3: 168-9. 1957).
18. THAYER, J. W. and RATHER, H. C. The influence of rate of seeding upon certain plant characters in barley. *J. Amer. Soc. Agr.* (29)9: 754-60. 1937. (Original no consultado; compendiado en *Exp. Sta. Rec.* (78)6: 776. 1938).
19. ULONSKA, E. Influence of sowing date and rate of sowing on the yield of winter cereals. (En alemán). *Mitt. dtsch. Landw. Gessellsch.* (67)38: 667-8. 1952. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (6)2: 97. 1953).
20. WIGGANS, S. C. and FREY, K. J. Tillering studies in oats. III. Effects of rate of planting and test weight. *Agr. J.* (49)10: 549-51. 1957. (Original no consultado; compendiado en *Field Crop Abs.* (11)2: 90. 1958).
21. WILLIAMS, B. C. and SMITH, F. W. The effects of different rates, times, and methods of application of various fertilizer combinations on the yield and quality of hard red winter wheat. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* (18)1: 56-60, 1954.

Publicaciones INIAP

CASILLA 2600

QUITO — ECUADOR

MAYO DE 1966