

LAS ZANJAS DE ALTA FERTILIDAD, UNA ALTERNATIVA EN EL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO DE SUELOS DEGRADADOS

Hugo Ruiz Erazo ¹
Benjamín Sañudo Sotelo ²
Lucio Legarda Burbano ³
Edgar Amézquita Collazos ⁴

RESUMEN

El estudio muestra el efecto de las zanjás de alta fertilidad sobre la productividad de maíz (*Zea mays*) "morocho blanco mediano" en suelos degradados de siete municipios trigueros de Nariño y sobre la resistencia mecánica a la penetración (Evaluada exclusivamente para el municipio de Pasto). Los tratamientos fueron T1: testigo sin remoción, T2: zanja con remoción de suelo, T3: zanja con remoción de suelo + adición de tamo de trigo, T4: zanja con remoción de suelo + tamo + caldo microbial. El diseño experimental fue bloques al azar, se analizó estadísticamente con Andeva para la penetrabilidad y Andeva combinado por localidad para la productividad de maíz, la comparación de medias se hizo por Duncan.

Los resultados mostraron que el T4 con una producción de 2024 kilos/ha. de maíz superó a los demás tratamientos con diferencias estadísticas significativas con respecto a los tres tratamientos restantes y obtuvo 3,5 veces más producción que el testigo (579 kg/ha.) sin remoción. En la penetrabilidad se encontró que el T4 presentó el valor más bajo (1,2 Mega Pascales) hasta los 15 cm en el perfil del suelo.

¹ Profesor Asistente, Ingeniero Agrónomo M. Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

² Profesor Asociado, Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño,

³ Profesor Titular, Ingeniero Agrónomo M. Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, E-mail: lulebu@yahoo.com

⁴ Ingeniero Agrónomo, Ph. D. Físico de Suelos CIAT, Cali, Colombia.

Presentando diferencias estadísticas significativas con respecto a los otros tratamientos cuyos valores fluctuaron entre 2 Mpa y 5 Mpa.

Palabras claves: Zanjas fértiles, degradación, suelos, penetrabilidad.

ABSTRACT

The study shows the effect of the high fertility ditches on the productivity of corn (*Zea mays*) "medium white hard maize" in degraded soils of seven wheat producing municipalities of Nariño and on the mechanical resistance to penetration (tested only in the municipality of Pasto). The treatments were T1: a test sample without removal, T2: a ditch with soil removal, T3: a ditch with soil removal and an addition of wheat chaff, T4: a ditch with soil removal, chaff and a microbial broth. The design used in the experiment was of random blocks; it was statistically analysed with ANDEVA for penetrability and ANDEVA combined with the location for the corn productivity, and the comparison of measurements was carried out using the Duncan Method.

The results showed that T4 with a production of 2024 k/h of corn beat the other treatments with significant statistical differences and obtained 3.5 times more production than T1 (579 k/h). In the penetrability it was found that T4 had the lowest value (1.2 Mega Pascal) up to 15 cm in soil profile. Significant statistical differences were presented regarding the other treatments whose values fluctuated between 2 Mpa and 5 Mpa.

Key Word: Fertile ditches, degradation, soils, and penetrability.

INTRODUCCIÓN

En la zona triguera del departamento de Nariño es notorio el deterioro del suelo debido principalmente al uso intensivo del suelo con mecanización e implementos de preparación del suelo que invierten el prisma del suelo. Esta influencia ha hecho que gran parte de los suelos de esta zona en la actualidad estén en procesos de alta degradación, lo que ha obligado a los agricultores de estas áreas a abandonar estas áreas. Lo anterior en parte se explica por autores como Amézquita (1990), Gavande (1987), Guerrero (1991), quienes

coinciden en afirmar que tanto el monocultivo como los arados que invierten el espaldón del suelo ejercen una notoria influencia negativa sobre la estructura del suelo, lo cual conlleva a largo plazo al deterioro del suelo con su correspondiente degradación, que es un fenómeno palpable sobre estos suelos trigueros de Nariño.

Por su parte Cooper (1971), señala que las repetidas operaciones con discos de arados o rastrillos deja una capa compactada en el suelo que impide una adecuada penetrabilidad de las raíces en el mismo, causando enraizamientos superficiales, en este mismo sentido Primavesi (1988) señala que la restricción en el espacio aéreo causado por la compactación significa menores posibilidades para la exploración de la raíz en búsqueda de agua y nutrientes por parte de la planta con las consecuentes deficiencias y mal nutrición.

Dentro de esta problemática en un trabajo realizado por Almanza y Arguello (1998), encontraron que la labranza convencional con discos de arado reducían la materia orgánica del suelo en una forma drástica situación que contribuye con el deterioro del mismo. De igual manera, la influencia negativa ejercida por la labranza de volteadura realizada sin un previo diagnóstico del suelo se ha encontrado en estudios realizados por autores como Crovetto (1998), Amézquita y Escobar (1996) y Vencil y All (1995), quienes además observaron las bondades de otros sistemas de labranza diferentes al convencional como una de las alternativas a utilizar en suelos que presentan degradación por uso intensivo como es el caso de la zona triguera de Nariño (Sañudo, Checa y Arteaga, 2001).

Las zanjas de alta fertilidad son prácticas de recuperación de suelos encaminadas a establecerse en suelos degradados; para ello los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el impacto que produce las zanjas de alta fertilidad en diferentes modalidades sobre la productividad de maíz y determinar como es la influencia de estas zanjas sobre la penetrabilidad del suelo.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en las veredas de Mapachico (municipio de Pasto) a 2710 msnm; El Rosario (municipio de Yacuanquer) a 2750 msnm; Buena

Esperanza (municipio de Tangua) a 2600 msnm; Guapuscal Alto (municipio de Funes) a 2520 msnm, El Rosario (municipio de Iles) a 2450 msnm, Bella Vista (municipio de Imues) a 2400 msnm y San Vicente (municipio de Ospina) a 2450 msnm. Los resultados corresponden al cultivo de maíz morocho blanco mediano, en las diferentes zanjas y la resistencia mecánica a la penetración tomada durante el ciclo del cultivo, medidas tomadas únicamente en la vereda de Mapachico (Municipio de Pasto).

Distribución experimental y análisis estadístico. En cada región, se estableció un ensayo donde la parcela tuvo una área de 33,00 m x 24, 50 m, para establecer tres bloques de 10,00 m x 24,50 m, separados por calles de 1,50 m. Cada uno con cuatro parcelas de 10,00 x 5,00 m con calles de 1,50 m. Allí se trabajó con un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones; los resultados finales se sometieron a un análisis de variancia para la penetrabilidad y Andeva combinada de localidades por tratamientos en el caso de la productividad de maíz y el análisis de Duncan para la prueba de medias en ambos casos.

Tratamientos y descripción.

T1 = Testigo sin apertura de zanjas

T2 = Apertura de zanjas y llenado con el mismo suelo removido

T3 = Apertura de zanjas, disposición de residuos vegetales (tamo de trigo) en descomposición y tapado.

T4 = Apertura de zanjas, disposición de residuos vegetales (tamo de trigo) en

Descomposición, caldo microbioal (bioabono) y tapado.

T1: Se hizo una aplicación de glifosato 2,5L/ha. y 15 días después se removió el suelo con azadón para trazar seis surcos de 10 m de largo 1 m de ancho separados a 1 m, y se roturó el suelo en cada surco a un ancho de 20 cm para depositar la semilla de maíz.

T2: Se hicieron remociones de suelo en 6 zanjas de 10m x 1m de ancho, dicha remoción consistió en abrir zanjas de 0,30 cm ancho x 0,30 de profundidad

luego de remover el suelo se procedió a depositar el mismo suelo dentro de cada zanja en el orden de capas en que fue inicialmente removido después de 45 días se aplicó glifosato y 15 días después se sembró el maíz.

T3: Se hicieron 6 zanjas en las mismas condiciones que el anterior, pero para este tratamiento las zanjas se rellenaron con tamo de trigo parcialmente descompuesto posteriormente se terminaron de rellenar con el suelo extraído inicialmente. Después de 45 días se aplicó glifosato y 15 días más tarde se procedió a sembrar el maíz.

T4: El manejo de este tratamiento fue similar al anterior, la diferencia radicó en que además de colocar el tamo se incluyó una mezcla con caldo microbioal con una relación 1:2 caldo : agua, humedeciendo muy bien los residuos antes de tapar.

Caldo microbioal: consistió en una mezcla de 20 kilos de estiércol fresco de ganando, 5 kilos de lombricompost, 10 kilos de fosforita huila, 3 kilos de melaza, 3 litros de leche, 2 kilos de urea, 200 cc de agua oxigenada. Estos productos se mezclan consecutivamente en un tanque de 200 litros con agua; luego de 10 días de fermentación esta mezcla esta lista para ser aplicada en las zanjas.

Penetrabilidad. La penetrabilidad se tomó con un penetrógrafo de pistón hasta los 30 cm cada 2,5 cm de intervalo la medición se realizó con un penetrógrafo marca Daiki e igualmente se tomó la humedad gravimétrica del suelo al momento del muestreo en cada profundidad de perfil del suelo. Dichos muestreos se hicieron al inicio y final del ciclo del cultivo del maíz.

Siembra y fertilización del maíz. Después de la apertura de las zanjas y el tratado de las mismas, se sembró con el sistema de chaquin, depositando 4 gramos por sitio, con distancia entre sitios de 1,00 m, de tal manera que se establecieron 11 sitios por surco, para 66 sitios por parcela. Luego de la emergencia del cultivo se hizo una fertilización con triple 15 en dosis de 100 kg/ ha, depositando el abono en bandas a lado y lado de las plantas, efectuando su cubrimiento superficial.

Labores agronómicas de cultivo. Las labores culturales así como controles fitosanitarios se desarrollaron acorde a los niveles de daño económico e

infestación para su correspondiente control químico y manual, para evitar bajas productividades por estos factores, se utilizó productos químicos en cada caso de los que comúnmente utilizados por el agricultor en cada zona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resistencia mecánica a la penetración. La figura y tabla 1, se muestra los resultados de la penetrabilidad donde se presentó diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el T4 (remoción + tamo + caldo microbial) el de menor valor con una resistencia mecánica a la penetración de 1,23 Mpa.

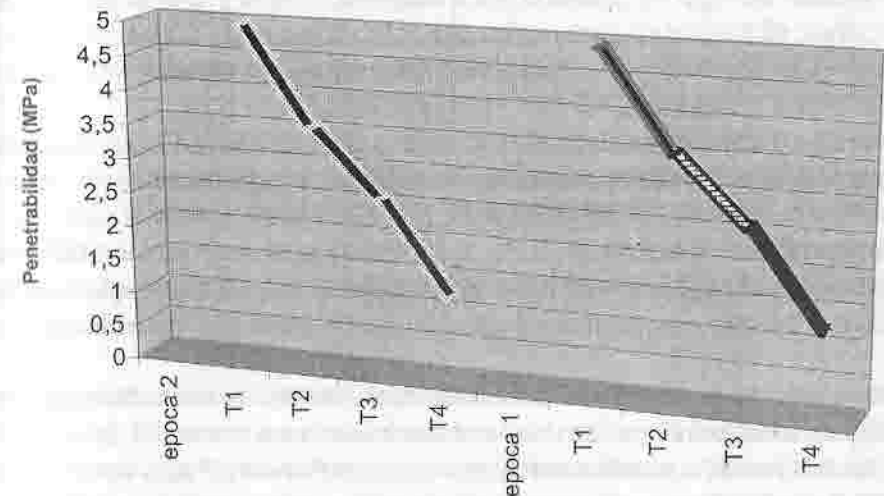
En promedio durante las dos épocas de muestreo con humedad gravimétrica entre 24 % y 26 %; presentando diferencias estadísticas significativas con respecto a los tres tratamientos restantes cuyos valores oscilaron entre 2,60 Mpa. y 4,95 Mpa, con humedad gravimétrica de 22% y 16% respectivamente. Presentando el mayor valor de T1 (suelo sin remoción).

Si se tiene en cuenta que un valor adecuado de resistencia es de 1,5 Mpa. Propuesto por Amézquita (1996) y reportado por Ruiz (1999) en suelos del vertisoles del Valle del Cauca, se puede deducir que excepto el T4, los demás tratamientos presentan alta y extrema resistencia a la penetración lo que va a reflejarse en la baja producción de los cultivos debido a la poca área útil para explorar que tienen a raíz de esta resistencia.

Situación que se corrobora en las discusiones sobre la penetrabilidad y la productividad de los cultivos que realizan autores como Wild (1992), Cooper (1971), Amézquita (1996), quienes hacen la relación entre la compactación del suelo y su influencia sobre el desarrollo radical, la nutrición y productividad de los cultivos, en este caso se encontró similar problemática a la planteada por dichos investigadores.

Respecto a las épocas durante la investigación no se presentaron diferencias significativas entre ellas como se puede observar en el Andeva resultado de la presente investigación.

Figura 1. Penetrabilidad del suelo bajo diferentes modalidades de zanjas de alta fertilidad, en cultivo de maíz, Pasto, Colombia



Tratamientos bajo dos épocas de muestreo. T1: (Testigo), T2: (remoción de suelo), T3: (Remoción + Tamo seco); T4: (Remoción + tamo + biabono)

Tabla 1. Andeva para los valores de resistencia mecánica a la penetración.

Fuente	Gl	Suma cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabulado
Tratamiento	3	43,968	14,656	3908,30**	0,001
Rep.	2	0,790	0,395	105,33**	0,001
Trat*Rep	6	0,266	0,044	11,85**	0,001
Epoca	1	0,011	0,001	0,44	0,523
Trat*Epo*Rep	6	0,008	0,001	0,74	0,557

Tabla 2. Valores promedio de Penetrabilidad por tratamiento

Tratamiento	Valor Promedio (Mpa)
1	4,95 a
2	3,52 b
3	2,60 c
4	1,23 d

Letras iguales no existe diferencias estadísticas al nivel del 5% de probabilidad

Rendimiento de Maiz. La Tabla 3 muestra que existieron diferencias estadísticamente significativas entre localidades y entre tratamientos, pero no se encontró diferencias para la interacción localidades por tratamiento.

La tabla 4 analiza el efecto de las localidades, dentro de esta tabla se puede constatar que los rendimientos de grano seco oscilaron entre 882.50 y 1308.30 kg/ha, los mayores promedios correspondieron a Funes y Pasto con 1292.50 y 1308.30 kg, sin diferencias significativas entre ellos, pero con diferencias significativas respecto al promedio de 882.50 kilos que junto con Ospina 985.80 kg/ha, obtuvieron los menores rendimientos en la investigación.

Los rendimientos promedios en los distintos municipios por tratamientos de zanjas fluctuaron entre 578.60 y 2024.70 kg/ha de grano seco (Figura 2), siendo los tratamientos de mayor promedio el T3 (zanjado, residuos, tapado) y T4 (zanjado, residuos, caldo microbial y tapado) con 1080.00 y 2024.70 kg/ha presentando diferencias significativas con respecto a T1 (Testigo) y T2 (zanjado y llenado) tratamientos con los rendimientos los más bajos (578.60 y 671.40 kg/ha) (Figura 2).

Es importante señalar que con la inclusión de tamo en las zanjas (T3) y tamo más caldo microbial en el (T4) además de la remoción del suelo como tal con lo que se gana una mayor aireación los sitios intervenidos, se logra posiblemente aumentar la actividad de la biota del suelo que es mayor cuando los residuos se enriquecen con caldo microbial, puesto que se favorece la microbiótica heterótrofa, decisiva en los procesos de transformación lo cual contribuye con una mineralización de la materia orgánica.

El anterior proceso es decisivo en la nutrición de los cultivos sobre estos sectores donde este tipo de actividad es nulo por la alta degradación existente y por los bajos contenidos de materia orgánica además se esta logrando una mejor aireación, aceptación de agua, en las profundidades removidas y posiblemente en este logrando crear un microclima nuevo con condiciones que favorecen el desarrollo de la raíz y la productividad de los cultivos, ya que las relaciones de poros y continuidad en el perfil del suelo sufren una considerable variación en con estas prácticas de remoción y adición.

Al relacionar la penetrabilidad y la producción de maíz evaluación realizada en el municipio de Pasto al igual que en los resultados encontrados anteriormente se constató que la menor resistencia a la penetrabilidad lo presentó el tratamiento cuatro (Remoción + caldo microbial) con 2406,7 k/ha de maíz (Ver figura 2), siguiendo en ese orden el tratamiento tres (1260 k/ha), dos (893,30 k/ha) y el tratamiento uno (673,30 k/ha.).

Presentado diferencias estadísticas significativas entre los cuatro tratamientos. Relacionando la resistencia mecánica a la penetración y la productividad (Figura 2), se observa que la respuesta a una menor resistencia a la penetración es la mayor producción obtenida ya que en el tratamiento cuatro obtuvo 3,5 veces más producción que el testigo, lo que comprueba los beneficios hasta el momento de la remoción y el caldo que como se discute anteriormente puede ser una buena opción de explotar estos suelos altamente degradados sobre estas zonas que décadas anteriores era primera productora de trigo en Colombia.

Tabla 3. Análisis de varianza para la producción de maíz blanco mediano en siete regiones trigueras de Nariño, con tres modalidades de zanjas fértiles y un testigo

	GL	SC	CM	FC	Pr>F
LOCALIDADES	6	2423445.24	403907.54	2.67*	0.0278
TRATAMIENTOS	3	27792603.57	9264201.19	61.15**	0.0001
LOCALIDADES POR TRATAMIENTOS	18	3196688.10	177593.78	1.17 ^{NS}	0.3253
ERROR	42	6362583.33	151490.08		

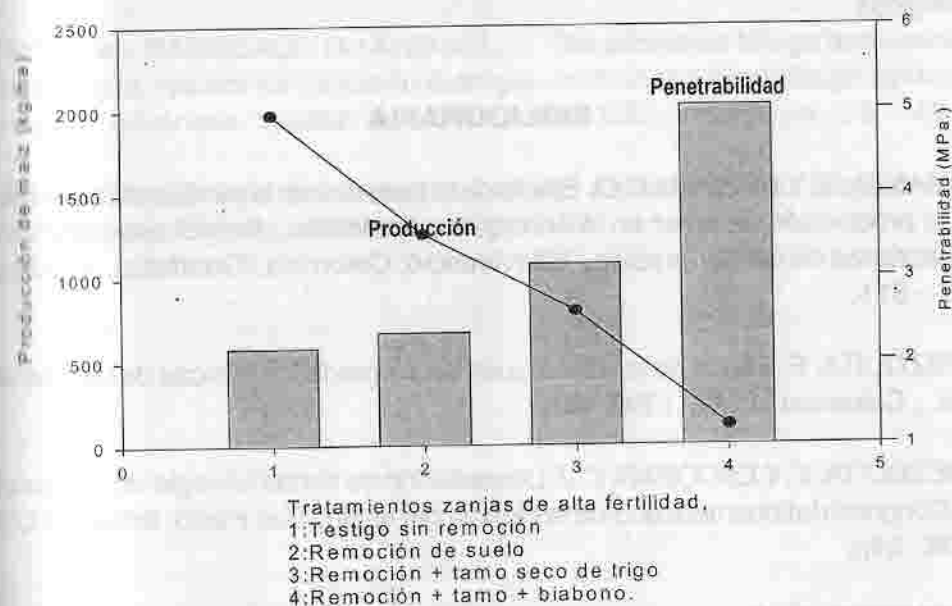
Fuente: Esta investigación.

Tabla 4. Rendimientos promedios de maíz morocho blanco mediano en siete regiones trigueras de Nariño, con tres tipos de zanjas fértiles y un testigo

Pasto	Yacuanquer	Tangua	Funes	Iles	Imues	Ospina	Promedio Trat.	
673,30	566,70	556,70	780,00	536,70	506,70	430,00	578,60 A	P>0.05
893,30	636,70	636,70	790,00	663,30	546,70	533,30	671,40 A	242,40
1260,00	996,0	993,30	1226,70	1203,30	823,30	1056,70	1080,0 B	254,90
2406,70	1970,00	1903,30	2373,30	1943,30	1653,30	1923,30	2024,70 C	263,10
1308,A	1042,50 AB	1022,50 AB	1292,50 A	1086,70 AB	882,50 B	985,80 AB		

Fuente: Esta investigación.

Figura 2. Relación entre penetrabilidad y productividad de maíz morocho blanco mediano. Mapachico, Pasto, Colombia



CONCLUSIONES

Los mayores promedios de productividad de maíz en los siete municipios evaluados lo presentaron los tratamientos con las zanjas fértiles compuestas por la remoción + tamo + caldo microbiano, obteniendo producciones 3,5 veces superiores al testigo sin remoción.

La relación de la resistencia mecánica a la penetración y la productividad de maíz mostró que el tratamiento de la remoción + tamo + caldo microbiano presentó los menores valores de resistencia (1,23 MPa) y los mayores valores de productividad de maíz morocho 2406,70 kg/ha.

El testigo del ensayo (suelo sin remoción), mostró los mayores valores de penetrabilidad (4,95 MPa) y los menores valores de productividad de maíz (578 kg/ha), que muestra la degradación de estos suelos trigueros.

Es necesario monitorear la evolución de las zanjas por el posible reacomodamiento temporal y espacial que pueden tener los suelos lo cual ocasionaría cambios en la estructura de los mismos, esto se puede realizar evaluando periódicamente algunas propiedades sensibles físicas, químicas y biológicas.

BIBLIOGRAFIA

ALMANZA, E. Y ARGUELLO O. Efecto de la labranza en la pérdida de nutrientes en la producción de arroz en la orinoquia colombiana. In: Encuentro nacional de labranza de conservación. Villavicencio, Colombia, Guadalup. 1998. pp. 502 - 511.

AMEZQUITA, E. Efecto de la labranza en las propiedades físicas de los suelos Cali, Colombia, CIAT. 1990. 40 p.

AMEZQUITA, E. Y ESCOBAR, C. J. Degradación de tierras en regiones húmedas. In: Congreso latinoamericano de la ciencia del suelo. Sao Paulo, Brasil, SCCS 1996. 24p.

CROVETTO, C. Rastrojos sobre el suelo una introducción a la cero labranza Santiago, Chile, Universitaria San Francisco. 1992. 301 p.

COOPER, A. W. Effect of tillage on soil compactation. In: American Society of Agricultural Engineers. Compactation of Agricultural soils. 1971. pp. 315 - 366

GAVANDE, A.S. Física de suelos, principios y aplicaciones. México, Ed. Limusa. 1987. 351 p.

GUERRERO, G. J. 1991. Problemas comunes en el manejo mecanizado de suelos. En: curso sobre manejo de Algodonero. I.C.A. Regional 5. 1991. pp. 97 - 99.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. Novena edicao. Sao Paolo, ed Nobel, Brasil. 1988. pp. 180 - 456.

HUIZ, H. Efecto de cuatro sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un vertisol cultivado intensivamente en el Valle geográfico del río Cauca. Tesis de grado Maestría en Suelos. Palmira (V), Universidad Nacional de Colombia, 1999. 210 p.

VINCIL, W., BANGDALE, G., AND ALL, J. Conservation tillage and weed-management system for cotton in Georgia. In: Conservaton tillage system for cotton. Arkansas, special report Arkansas. USA. 1995. pp. 25 - 49.

WILD, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Madrid, Ed. Mundi prensa, España. 1992. pp. 390 - 450.