

# Evaluación Comparativa del Manejo de Agua en dos Sistemas de Producción de Arroz (Oriza Sativa L.). Campoalegre - Huila

**Armando Torrente Trujillo.** Ing. Agrícola. Ph.D. Profesor Titular. USCO.

**Tomas J. Sampayo Noguera.** Ing. Agrónomo. M.Sc.

**Juan de Dios Nañez.** Ingeniero Agrícola. Esp. SENA.

**Edgar Amezcua Collazos.** Ing. Agrónomo. Científico. Ph.D. CIAT.

## Resumen

En Campoalegre-Huila, sur de Colombia a 553 msnm, se evaluaron dos sistemas de producción de arroz riego, midiendo las variables eficiencia en consumo de agua y rendimientos del cultivo. En el sistema tradicional se seleccionaron 8 unidades de muestreo con igual número de curvas de nivel, frente al sistema de trasplante con 7 unidades experimentales como melgas rectas.

El análisis estadístico consideró un sistema no balanceado con dos tratamientos y varias repeticiones. Se aplicó análisis de varianza, estadísticos simples y pruebas de correlación para medir niveles de significancia de las variables: densidad de siembra, longitud de macollas, altura de planta, número de panículas, número de granos por panícula y porcentaje de vaneamiento. El sistema de trasplante en melgas rectas resultó más eficiente en cuanto al uso del agua e insumos, pero mostró menores rendimientos en producción, debido a diferencias altamente significativas en densidades de siembra.

**Palabras claves:** Producción de arroz, eficiencia de riego.

## Abstract

In Campoalegre - Huila, south of Colombia to 553 msnm, two systems of cultivation of rice watering were evaluated, measuring the variable efficiency in consumption of water and yields of the cultivation. In the traditional system 8 sampling units were selected that coincided with curved of level traced in field, front of the transplant system in border strips.

The statistical analysis carries out under two treatments with different repetitions, being the not balanced system. It's applies variance analysis, statistical simple and correlation tests to observe significance levels in the variables: sowing density, spike longitude, plant height, number of capsule, number of grains for capsule and vain grain percentage. The results show that the transplant system in border strips is more efficient as for the use of the water and resources, it showed smaller yields in production, due to highly significant differences in sowing densities.

## Introducción

El recurso hídrico es cada día más escaso debido a múltiples causas, entre ellas la tala de bosques, el uso indiscriminado, la contaminación, la presión antrópica, etc; los sistemas agrícolas de producción y especialmente la relacionada con el cultivo de arroz demandan altos volúmenes de agua que hacen insostenible esta actividad. Por lo anterior, se requieren mayores esfuerzos en investigación dirigida a hacer más eficiente la producción agrícola con riego mediante el empleo de láminas estrictamente necesarias en el beneficio del cultivo, evitándose daños a la plantación y a los suelos, y como consecuencia mayores costos en producción.

La eficiencia con que los agricultores aplican su dotación de agua de riego al suelo depende de dos factores fundamentales: el manejo de agua durante el riego, y las características hídricas del suelo. En el manejo del agua se distinguen varios aspectos que interactúan e inciden en forma determinante en la eficiencia de aplicación del agua de riego: el diseño del sistema de riego, los caudales utilizados, la frecuencia de riego y el tiempo de riego (Castro, 1996).

Entre las características hídricas de los suelos regados, los siguientes aspectos son determinantes en la eficiencia de riego: La velocidad de infiltración, las características de retención de humedad, la profundidad del perfil y sus condiciones de estratificación, y la densidad aparente de los estratos. Esta interacción entre el manejo del agua de riego y las características hídricas del suelo, que constituye la causa de una determinada eficiencia de utilización del agua de riego, da origen a varias situaciones posibles. Ocurre con frecuencia que las características de manejo del agua de riego son tradicionales y tienden a mantenerse en el tiempo, transmitidas de un agricultor a otro, copiándose sin mayores variaciones entre zonas de suelos muy diversos en sus características hídricas. Pueden resultar así dos situaciones de manejo muy similares en suelos diferentes, lo que conduce a eficiencias de utilización de agua de riego totalmente diversas (Fedearroz, 1995).

Investigaciones realizadas en el sur de Colombia por Corpoica, Fedearroz y algunas Universidades del país (Universidad Surcolombiana, Universidad del Tolima,

Universidad Nacional de Colombia), han demostrado que es posible incrementar los rendimientos de arroz a través del sistema de trasplante, con reducción en los costos de producción, siendo hoy un hecho en algunas áreas comerciales de los distritos de riego. Así mismo se ha comprobado un ahorro de agua hasta del 40% comparado con otros sistemas de producción (Ñañez, 2001; Torrente, 2000; Caicedo y López, 1998; Alfaro, Caicedo, Castro y Amezcuita, 1996).

El sistema de arroz por trasplante en melgas rectas puede ser aplicado tanto en pequeñas como en grandes extensiones dedicadas a la producción agrícola, siendo esta práctica atractiva especialmente en pequeños productores, quienes no requieren de gran inversión para su adopción.

El propósito es evaluar los rendimientos, la eficiencia en el uso del agua y los costos en el cultivo de arroz por trasplante en melgas rectas frente al sistema tradicional (riego opita). Así mismo recomendar acciones encaminadas a la extensión de la práctica de producción en la región.

## Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el municipio de Campoalegre- Huila en el primer semestre del año. La Granja se ubica en el piso térmico cálido a 553 msnm., con temperatura media de 26.5°C, precipitación anual de 1318 mm, humedad relativa del 82% y evaporación anual de 1713 mm; según Holdridge la zona de vida es bsT. Las lluvias están concentradas en dos periodos del año, marzo a mayo y octubre a noviembre (figura 1).

El suelo esta conformado por planicies aluviales bajas del río Neiva y presenta profundidad efectiva moderada con dos horizontes genéticos definidos (0 - 25 cm y 25 - 60 cm) de texturas FArL y FA respectivamente, con bloques angulares a subangulares de medianos a pequeños muy friables en húmedo y escasa presencia de organismos y raicillas, la disponibilidad de agua aprovechable para las plantas es media. El suelo es ligeramente ácido, con bajos contenidos de materia orgánica y niveles medios en bases intercambiables, con deficiencia en elementos menores, especialmente B y Zn.

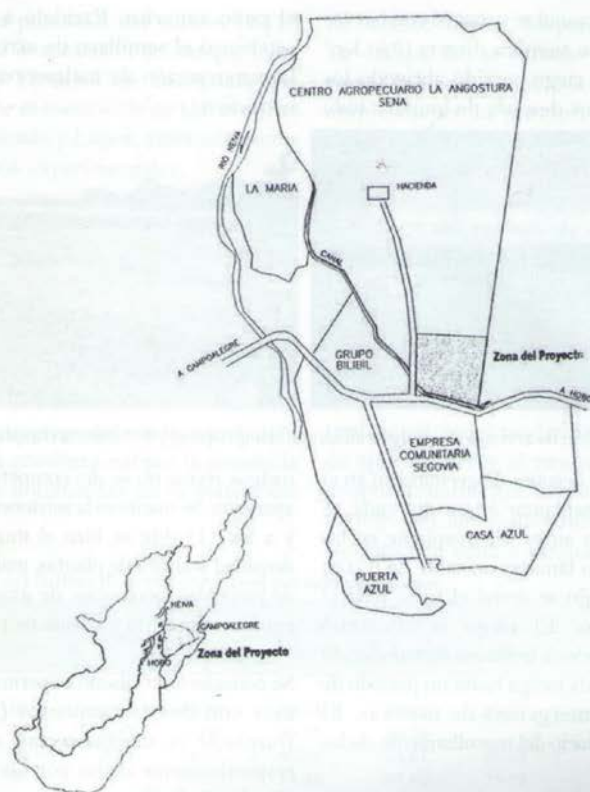


Figura 1. Localización del área, Centro Agropecuario la Angostura – SENA.

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo.

Variable	Horizonte A	Horizonte B
Agua aprovechable (%)	11.2	9.6
Color	10YR5/6	10YR3/2
Consistencia	Friable en húmedo, no plástico ni pegajoso	Muy friable en húmedo, no plástico ni pegajoso
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.6	1.5
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	2.6	2.5
Estabilidad estructural	Ligeramente estable	Moderadamente estable
Estructura	Bloques angulares medianos	Bloques subangul pequeños
Porosidad total (%)	38.5	40.0
Profundidad (cm)	0 - 25	25 - 60
Textura	FArL	FA

Evaluación comparativa del manejo de agua en dos sistemas de producción de arroz (*Oriza Sativa* L.). Campoalegre - Huila

El área en el sistema tradicional se preparó con curvas de nivel cada 5 cm, se hizo siembra directa (250 kg/ha de semilla) y se aplicó riego corrido abriendo los caballones en algunos sitios después de inundar todo

el paño superior. Paralelo a estas actividades, se estableció el semillero de arroz (100 m<sup>2</sup>) y se inició la construcción de melgas rectas con áreas de 710 m<sup>2</sup> (foto 1).



Foto 1. Métodos de producción de arroz. a) Sistema tradicional (riego opita) y b) Sistema trasplante en melgas rectas.

Transcurridos 25 ddg (días después de germinado) en el semillero, se procedió a trasplantar en cuadro cada 15 cm. Se instaló riego un día antes del trasplante en las melgas rectas y se mantuvo lámina constante de 6 cm hasta un día posterior; luego se drenó el suelo para el anclaje de las plántulas. El riego se continuó suministrando una vez se reducía la lámina de inundación inicial de 6 cm a 1 cm en cada melga hasta un período de 60 ddg, para evitar la emergencia de malezas. El trasplante coincidió con el inicio del macollamiento de las plantas.

melgas rectas no se dio competencia al momento de su aparición. Se mantuvo la asistencia agronómica constante y a los 115 ddg se hizo el muestreo de las variables: densidad y altura de plantas, macollas efectivas, longitud de paniculas, porcentaje de granos llenos, consumo de agua, rendimiento y costos de producción.

El plan de fertilización fue igual en los dos sistemas. El control de arvenses se llevó a cabo básicamente en la parcela tradicional, ya que en el sistema de trasplante en

Se consideró un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos (método tradicional y trasplante en melgas rectas) con 7 y 8 repeticiones respectivamente dadas por las unidades de muestreo, siendo el diseño no balanceado. Se aplicó análisis estadístico simple, correlación entre las variables de producción, análisis de varianza y prueba t para detectar diferencias entre medias de tratamientos (figura 2).

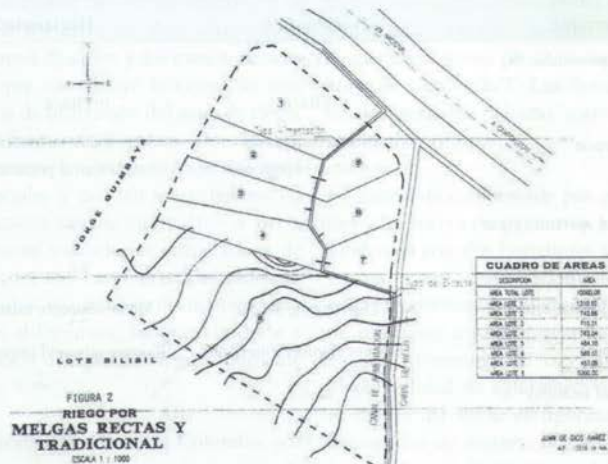


Figura 2. Distribución de las unidades experimentales en campo.

La evapotranspiración potencial del cultivo (ETP) se estimó a partir de la evaporación del tanque clase A en la estación los Rosales en Campoalegre, afectando este valor por el coeficiente de Cultivo ( $K_c$ ) para el arroz según Caicedo y López, 1998, obtenidos para la zona en ensayos experimentales.

## Análisis de resultados

El suelo es clasificado como Arenic Haplustalf. La conductividad hidráulica y el potencial matricial al flujo son respectivamente 0.74 m/día y 0.01 cm<sup>2</sup>/s, lo que significa condiciones moderadas al movimiento del agua en el perfil superior del suelo, existiendo baja restricción al agua gravitacional por la presencia de partículas de arena dominantes en la matriz del suelo.

El balance hídrico del periodo de evaluación (enero 10 - mayo 16) se caracterizó por pluviosidad superior al valor medio histórico para la zona, excediendo ampliamente la precipitación (608.33 mm) a la evapotranspiración (433.14 mm) y calificando la temporada de experimentación como favorable. Dadas las contribuciones regulares de la precipitación a lo largo del período de cultivo y conocida la alta demanda hídrica del arroz, los volúmenes de agua a aplicar en el riego disminuyeron significativamente (tabla 2).

El consumo de agua en el período vegetativo del cultivo de arroz fue 2.5 veces superior por el método tradicional, igual tendencia se observó en el número de aplicaciones y el tiempo de riego, esto significa proporcionalmente mayor mano de obra para el manejo del agua, incrementando así los costos de consumo de agua y producción (cuadro 1).

**Tabla 2.** Balance hídrico del cultivo de arroz durante el periodo vegetativo.

% Periodo crecimiento	$K_c$	Ev (mm)	ETP (mm)	P (mm)	Exc (mm)	Def (mm)
10	0,95	47,10	44,74	78,81	34,07	
20	0,87	51,00	44,37	39,71		4,66
30	0,77	52,70	40,58	63,61	23,03	
40	0,77	31,50	24,26	97,61	73,75	
50	0,95	54,80	52,06	50,20		1,86
60	0,92	39,10	35,97	85,73	36,62	
70	0,98	54,80	53,70	86,80	33,10	
80	1,00	51,30	51,30	69,61	18,31	
90	1,00	41,80	41,80	26,30		15,50
100	0,93	47,70	44,36	9,95		34,41
<b>Total</b>		471,80	433,14	608,33	218,88	56,43

$K_c$ , Ev, ETP, P, Exc, Def son el coeficiente de cultivo, la evaporación, la evapotranspiración potencial, la precipitación, el exceso y el déficit hídrico en mm.

**Cuadro 1.** Comparación de parámetros de riego en los dos sistemas de producción del cultivo de arroz.

RIEGO	MELGA	MES					TOTAL
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
Volumen (m <sup>3</sup> ) A = 0.5 ha	Tradición	1.774,80	1.400,70	2.453,40	2.745,72	783,00	9157,62
	Rectas	0	604,80	1.080,00	1.476,00	504,00	3664,8
Lamina (mm)	Tradición	354,96	280,14	490,68	549,14	156,60	1831,52
	Rectas	0	120,96	216,00	295,20	100,80	732,96
Tiempo (h y min)	Tradición	17 h	13 h 25'	23 h 30'	25 h 18'	7h 30'	86h 43'
	Rectas	0	7h	12h 20'	1h 5'	5h 50'	42h 10'
Número de Riegos	Tradición	4	5	8	8	3	28
	Rectas	0	2	4	5	2	13

Evaluación comparativa del manejo de agua en dos sistemas de producción de arroz (*Oriza Sativa* L.) Campoalegre - Huila

No se observó pérdidas por escorrentía en el sistema de trasplante en melgas rectas, debido a la disposición del diseño con caballones evitando la salida de agua y cada vez que se alcanzaba la lámina de inundación se suspendía el suministro de agua a la melga. Este sistema

hace más eficiente la fertilización por no existir escorrentía, sumado al ahorro en la primera fertilización. La lámina bruta ( $d_b$ ), la pérdida por escorrentía ( $P_{es}$ ), la pérdida por percolación ( $P_{er}$ ) y la eficiencia de aplicación de riego ( $E_a$ ), se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Pérdidas por escorrentía, percolación y eficiencia de riego.

Sistema de Cultivo	$d_b$ (mm)	$P_{es}$ (%)	$P_{er}$ (%)	$E_a$ (%)
Tradicional	1831.52	17.49	61.87	20.64
Trasplante	732.96	0	48.42	51.58

La eficiencia de aplicación de riego fue superior en trasplante en melgas rectas (51.5%) comparado con el sistema tradicional (20.6%) el cual resultó muy bajo por las elevadas pérdidas por percolación profunda (61.8%), a causa del mayor tiempo de inundación durante el período vegetativo del cultivo en campo, conocidas las características del suelo.

melgas rectas. Sin embargo en el sistema de trasplante, el número de macollas efectivas, la altura de plantas, la longitud de panículas y el número de granos llenos por panícula fue mayor. Lo anterior muestra rendimientos con diferencias significativas a favor del sistema tradicional. Este resultado permite recomendar una menor distancia de siembra en el sistema de trasplante en arroz para incrementar el número de plantas por unidad de área y por consiguiente aumentar los rendimientos (tabla 4).

La densidad de plantas en los tratamientos fue significativamente diferente, siendo la densidad del sistema tradicional muy superior al de trasplante en

**Tabla 4.** Características físicas en la unidad de muestreo del cultivo de arroz *Oryziza* 1.

Sistema de cultivo	Estadística	Densidad de Plantas	Macollas efectivas planta	Altura planta (cm)	Longitud panícula (cm)	Granos llenos panícula	Granos vanos panícula	Vaneamiento (%)	Rendimiento (ton/ha)
Tradicional	X	578,5	4,5	57,9	21,1	81,3	15,8	16,0	7.75
	Sx	43,34	0,76	4,09	1,58	17,33	5,69	4,29	-
	Var	1878,6	0,57	16,77	2,50	300,49	32,42	18,37	-
	Cv	7,49	16,80	7,08	7,51	21,33	36,12	26,81	-
Trasplante	X	58,43	7,0	68,6	25,2	111,3	21,2	15,9	6.50
	Sx	5,48	0,82	3,01	2,17	12,67	4,83	2,86	-
	Var	30,03	0,67	9,09	4,72	160,41	23,29	8,18	-
	Cv	9,38	11,66	4,39	8,62	11,38	22,72	17,98	-

**Observación:** Los valores de altura de planta, longitud de panícula, No. de granos llenos y No. de granos vanos corresponden al promedio de plantas en la unidad de muestreo (1 m<sup>2</sup>).

El sistema tradicional (riego opita) ocupa gran cantidad de fertilizantes y mano de obra, frente al hecho de fertilizar con unos pocos kilogramos el semillero de 100 m<sup>2</sup> de área en el sistema de trasplante, antes de su paso a campo. Adicionalmente el sistema tradicional exigió un costoso control de malezas en post-emergencia, lo que no ocurrió con el sistema de trasplante.

El costo de agua en este caso resultó muy bajo, ya que existe disponibilidad del recurso hídrico por el abastecimiento del Río Neiva con derivación por gravedad, a diferencia de otras zonas donde se tiene un mayor costo; sin embargo se debe enfatizar en la gran diferencia de consumo de agua del sistema tradicional comparado con el sistema de trasplante en melgas rectas, con una diferencia económica del 40%.

El sistema tradicional ocupó un 90% más de semilla, lo que representó costos superiores en producción.

La mano de obra en el sistema de trasplante fue superior, lo que incrementó el costo de producción en

\$485.676, costos bien justificados, ya que se disminuye el control de arvenses con agroquímicos, además la primera fertilización se hace en el semillero con ahorro de insumos (tabla 5).

**Tabla 5.** Costos de producción de arroz por hectárea en los dos sistemas.

Sistemas de cultivo	Mano de obra (\$)	Insumos (\$)	Total (\$)
Tradicional	1.935.324	1.687.540	3.622.864
Trasplante	2.421.000	371.800	2.792.800

Con relación a las labores culturales, el sistema de trasplante superó en 18.6% la inversión del sistema tradicional, teniendo en cuenta que en los costos del sistema de trasplante se incluye el valor del trazado y el movimiento de tierras para la construcción de las melgas, y estas se proyectan para varias cosechas, lo cual representa un 49.1% del costo total de las labores culturales en el sistema de trasplante.

De manera general se deduce que existe mayor economía de agua, control efectivo de malezas a bajo costo, conformación de tierras permanente para el

cultivo, mayor rentabilidad para el agricultor y menor contaminación del ambiente, disminuyendo así los impactos al agrosistema a través de la práctica del cultivo de arroz por trasplante en melgas rectas, lo que representa ventajas comparativas importantes con relación al sistema tradicional.

El índice de producción de arroz bajo el sistema de riego tradicional para el presente estudio fue de 0.42 kg.m<sup>-3</sup>, superior al obtenido para la región. No se realiza comparación con el sistema de trasplante por no tenerse información al respecto para la zona (tabla 6).

**Tabla 6.** Índices de producción de arroz en el sur de Colombia.

Entidad	Consumo* (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Rendto (kg.ha <sup>-1</sup> )	Sitio	Año	Índice** (kg.m <sup>-3</sup> )
Corpoica	23600	5467	Campoalegre	1997	0.23
Corpoica	9400	7833	Aipe	1997	0.83
Corpoica	13200	5240	Lérida	1997	0.40
Corpoica	20600	7493	Espinal	1997	0.36
Usco	12180	6520	Juncal	1998	0.54
Corpoica	18600	6750	San Alfonso	1998	0.36

\* Consumo de agua en m<sup>3</sup> por una hectárea del cultivo.

\*\* Índice de producción en Kg. de arroz paddy por m<sup>3</sup> de agua.

## Conclusiones y Recomendaciones

Existe diferencia altamente significativa en el rendimiento de arroz de 7,75 ton/ha en el sistema tradicional frente a 6,50 ton/ha en trasplante con melgas rectas, explicada esta variación por la diferencia en las densidades de siembra.

La menor densidad de siembra en el sistema de trasplante disminuyó los factores de competencia por luz, agua y nutrientes, y favoreció una mayor producción de grano por planta (111 granos / espiga).

Evaluación comparativa del manejo de agua en dos sistemas de producción de arroz (Oriza Sativa L.). Campoalegre - Huila

La eficiencia de riego fue superior en trasplante (51.6%) comparada con el sistema tradicional (20.6%), siendo esta última muy baja a causa de elevadas pérdidas por percolación profunda (61.8%). No se presentó escorrentía en el sistema de trasplante en melgas rectas por la limitación física con caballones.

El índice de producción en el sistema tradicional alcanzó el valor de 0.42 kg de arroz/m<sup>3</sup> de agua.

Se recomienda una mejor utilización del recurso agua, abandonando las prácticas de riego a "ojo", ya que esto no permite manejar con eficiencia el agua en los lotes de arroz, con el consiguiente desperdicio del recurso y mermas en la producción. En la práctica se observa déficit de riego en las partes altas y exceso de agua en las bajas.

Es necesario nivelar los suelos para el trazado de melgas rectas hasta donde sea posible e incrementar las prácticas de siembra de arroz por trasplante, reduciendo así las labores de quema química en los lotes infectados por arroz rojo, ahorrándose tiempo. Es posible reducir costos en producción utilizando prácticas de trasplante y riego por melgas rectas, haciendo eficiente el uso de los agroquímicos.

Se deben cuantificar los costos asociados a la producción de arroz en el sistema de trasplante en melgas rectas, sumado a los beneficios que arroja el empleo de este sistema hacia el futuro inmediato.

Hay que hacer difusión de la producción de arroz por trasplante y melgas rectas mediante programación de seminarios, días de campo y charlas técnicas con el objeto de ilustrar al agricultor sobre la eficacia del sistema propuesto.

Referencias Bibliográficas

1. ALFARO R., Caicedo A. M., Cactro H. y Amezquita, E. 1996. La rotación de los cultivos en el Valle cálido del Alto Magdalena: Un enfoque conservacionista de alto rendimiento. P5. -18. Revista Nataima, Vol. 2. Espinal - Tolima.
2. CAICEDO A. M. y López J. V. 1998. Manejo del agua en el cultivo de arroz. Revista Nataima. Espinal - Tolima. Vol. 2.
3. CASTRO F., Hugo. 1996. Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena. Corpoica - Regional 6. Producciones.
4. FEDEARROZ, 1995. Un paso adelante en investigación y transferencia de tecnología. Santafé de Bogotá.
5. ÑAÑEZ, JUAN DE DIOS. 2001. Evaluación del cultivo de arroz bajo dos sistemas de producción en Campoalegre - Huila. Tesis de grado. Programa de Especialización en Ingeniería de Irrigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana, Neiva.
6. TORRENTE, A. 2000. Evaluación de los rendimientos en el cultivo de arroz y la eficiencia de riego bajo dos sistemas de producción en Campoalegre - Huila. Seminario Público II. Escuela de Posgrados, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Surcolombiana, al SENA regional Huila y al CIAT.