

AGR
0660
EJ 1

Hererotheca

055736

EVALUACIÓN DE LAS CEPAS DE *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-96 Y J-01 EN TRES VARIETADES DE SOYA DEL PIEDEMONTE LLANERO EN LA FINCA LAS ACACIAS VEREDA SANTA ROSA EN EL DEPARTAMENTO DEL META

WILLIAM HUMBERTO SARRIA BARRIOS
DIEGO ALEXANDER URIBE ALCÁNTARA

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO
2012

EVALUACIÓN DE LAS CEPAS DE *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-96 Y J-01 EN
TRES VARIETADES DE SOYA DEL PIEDEMONTE LLANERO EN LA FINCA LAS
ACACIAS, VEREDA SANTA ROSA EN EL DEPARTAMENTO DEL META

WILLIAM HUMBERTO SARRIA BARRIOS
DIEGO ALEXANDER URIBE ALCANTARA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Agronomo

Director del proyecto
MARIA DEL ROSARIO SILVA HERRERA
BIO M S c en Fitopatología

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO
2012

AUTORIDADES ACADEMICAS

OSCAR DOMINGUEZ GONZALES
Rector

EDUARDO CASTILLO GONZALES
Vice-rector Academico

HERNENDO PARRA CUBERO
Secretario General

CARLOS EDUARDO COLMENARES
Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

NYDIA CARMEN CARRILLO
Director de Escuela de Ciencias Agricolas

CRISTOBAL LUGO
Director programa de Ingenieria Agronomica

Los directores y jurados examinadores de este trabajo de pregrado no seran responsables de las ideas emitidas por los autores del mismo

Articulo 24 Resolucion No 04 de 1994

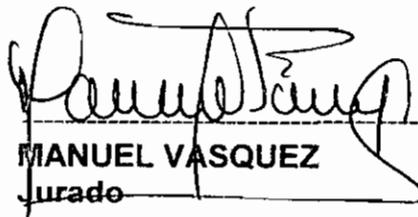
Nota de aceptacion



MARIA DEL ROSARIO SILVA H
Directora



ANA CRUZ MORILLO
Jurado



MANUEL VASQUEZ
Jurado

Villavicencio Abril de 2012

DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido de forma muy afectiva a mi núcleo familiar en especial a una persona incondicional como lo ha sido mi abuela Sofia ya que siempre tuvo la disposición de tiempo y sobretodo la comprensión en mis años de formación como aspirante al título de ingeniero agrónomo

También dedico este trabajo a mi madre y tía ya que siempre depositaron su confianza representada en la ayuda económica y espiritual generando un respaldo importante en las distintas etapas de la carrera profesional

A mi hermana y novia que han sido el motor que siempre ha generado un gran apoyo tanto afectivo como emocional les dedico este nuevo triunfo en mi vida ya que son personas que a través del tiempo han podido ver los retos que se han presentado y siempre he podido contar ilimitadamente con la ayuda de ellas

DIEGO ALEXANDER URIBE

DEDICATORIA

A Dios por permitirme alcanzar este logro tan importante de mi vida dandome salud y sabiduria en las diferentes etapas de este proceso academico

A mis padres por su colaboracion economica, moral e incondicional logrando culminar con exito esta tan anhelada carrera

A mi esposa e hijo que me sirvieron de motivacion para alcanzar este triunfo tan significativo para mi vida futura como profesional del agro

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para obtener el titulo de Ingeniero Agronomo

WILLIAM HUMBERTO SARRIA BARRIOS

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con mucho esfuerzo y dedicación bajo el acompañamiento y colaboración del ingeniero agrónomo Richard Jhon Delgado el cual brindó de forma desinteresada el lote y los demás recursos indispensables a la hora de la ejecución del proyecto en campo, es de resaltar la ayuda inmediata por parte de semillas kamerun la cual estuvo a disposición para enviar cantidades menores de las diferentes variedades de soya desde la ciudad de Cartago, Valle del Cauca, el cual fue un punto clave para la realización del proyecto

En cuanto a la formulación del proyecto de grado le agradecemos a la Doctora Carmen Rosa Salamanca que fue la persona que estuvo brindando la asesoría y por su puesto generando aportes de gran valor ya que es una reconocida investigadora en el tema

También agradecemos a la Doctora María Del Rosario Silva Herrera por su colaboración como directora de tesis y guía en las diferentes etapas de la investigación generando críticas constructivas que ayudaran a mejorar la calidad de la tesis

Al Doctor Ernesto Andrade Urresta agradecemos por su entendimiento de los inconvenientes presentados y su rápida solución, igualmente a los jurados designados por el Centro de Investigación por su disposición a cualquier duda que se presentara

CONTENIDO

	Pag
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
1 OBJETIVOS	21
1 1 OBJETIVO GENERAL	21
2 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
2 MARCO TEÓRICO	22
2 1 ORIGEN TAXONOMÍA Y MORFOLOGIA DE LA SOYA	22
2 1 1 Morfología de la planta de soya	23
2 1 2 Ciclo vegetativo de la soya	24
2 2 VARIEDADES DE SOYA DE IMPORTANCIA ECONÓMICA PARA LA ORINOQUIA COLOMBIANA	27
2 2 1 Mejoramiento genetico de soya para la Orinoquia	27
2 2 2 Soyica Ariari 1	27
2 2 3 Variedades de soya comercial (semillas Kamerun)	28
2 2 4 Soya CORPOICA Orinoquia 3	31
2 2 5 Soyica Altillanura 2	32
2 2 6 CORPOICA La Libertad 4	33
2 2 7 CORPOICA Taluma 5	34
2 2 8 Comportamiento de otras variedades	35

2 2 9 Variedades futuras para la Orinoquia colombiana	35
2 3 NUTRICION Y FERTILIZACION CON MACRO Y MICRONUTRIENTES	36
2 3 1 Criterios de esenciabilidad de los nutrientes	36
2 3 2 Reservas naturales de nutrientes del suelo	37
2 3 3 Requerimientos nutricionales del cultivo de soya	37
2 3 4 Absorcion de macronutrientes por la soya	39
2 3 5 Funciones de los macro y micronutrientes	39
2 4 FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO	40
2 4 1 Aspectos generales de los biofertilizantes	41
2 4 2 Fijacion biologica de nitrogeno en soya	42
2 4 3 Produccion de inoculantes para soya en Colombia y los Llanos Orientales	43
2 5 SOYA ICA J-96 (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>)	45
2 5 1 Biofertilizante	45
2 5 2 Rhizobiol soya ICA J – 96	46
2 5 3 Cualidades del rhizobiol ICA J-96?	46
2 5 4 Ventajas de la cepa ICA J-96 de rhizobiol	46
3 MATERIALES Y METODOS	47
3 1 LOCALIZACIÓN	47
3 2 MATERIALES	48
3 3 METODOS	48
3 3 1 Diseño experimental	48
3 3 2 Diseño de campo	48
3 4 VARIABLES	49
3 4 1 Variables Independientes	49

3 4 2 Variables dependientes	50
3 4 3 Variables intervinientes	51
3 5 MANEJO AGRONÓMICO	51
3 5 1 Preparacion del terreno	51
3 5 2 Fertilizacion	51
3 5 3 Siembra	52
3 5 4 Control de malezas	52
3 5 5 Control de plagas y enfermedades	52
3 5 6 Inoculacion	52
3 5 7 Area de cosecha	53
3 6 TOMA DE DATOS	53
3 6 1 Evaluacion de nodulacion	53
3 6 2 Evaluacion en periodo de floracion	54
3 6 3 Evaluacion de rendimiento	54
3 7 ANALISIS ESTADISTICO	54
4 DISCUSION DE RESULTADOS	55
4 1 NUMERO DE NODULOS	55
4 1 1 Variedad Cimarrona	55
4 1 2 Variedad P-34	56
4 1 3 Variedad Supersoya	57
4 2 PESO FRESCO	58
4 2 1 Variedad Cimarrona	58
4 2 2 Variedad P-34	59
4 2 3 Variedad Supersoya	59

4 3 RENDIMIENTO	60
4 3 1 Variedad Cimarrona	60
4 3 2 Variedad P-34	61
4 3 3 Variedad Supersoya	62
5 CONCLUSIONES	64
6 RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1 Requerimientos nutricionales del cultivo de la soya para producir tres toneladas por hectarea	39
Tabla 2 Plan de fertilizacion finca Las Acacias (con base al analisis de suelo de la finca)	52

LISTA DE GRAFICAS

	Pag
Grafica 1 Prueba de Tukey para la variable numero de nodulos en la variedad Cimarrona	55
Grafica 2 Prueba de Tukey para la variable numero de nodulos en la variedad P-34	56
Grafica 3 Prueba de Tukey para la variable numero de nodulos en la variedad Supersoya	57
Grafica 4 Prueba de Tukey para la variable peso fresco en la variedad Cimarrona	58
Grafica 5 Prueba de Tukey para la variable peso fresco en la variedad P-34	59
Grafica 6 Prueba de Tukey para la variable peso fresco en la variedad Supersoya	60
Grafica 7 Prueba de Tukey para la variable rendimiento en la variedad Cimarrona	60
Grafica 8 Prueba de Tukey para la variable rendimiento en la variedad P-34	61
Grafica 9 Prueba de Tukey para la variable rendimiento en la variedad Supersoya	62

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1 Proceso para la producción industrial de nitrógeno y fijación biológica del nitrógeno	42
Figura 2 Rendimiento comparativo de soya con diferentes fuentes y dosis de nitrógeno en suelos de vega del Piedemonte Llanero (Promedio de 10 experimentos)	44
Figura 3 Efectos de la aplicación del Inoculante ICA J-01 solo y con la adición de fuentes nitrogenadas sintéticas	45
Figura 4 Localización del lote utilizado	47
Figura 5 Esquema de una repetición	49
Figura 6 Esquema de toda el área de trabajo	50

LISTA DE ANEXOS

	Pag
Anexo A Evidencia fotografica	69
Anexo B Analisis quimico de suelos	73
Anexo C Datos recopilados en campo	74
Anexo D Datos analisis de varianza	80

RESUMEN

El estudio se realizó con el fin de evaluar el comportamiento de las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 y J-96 en las variedades de soya (*Glycine max* (L) Merrill) Cimarrona P-34 y Supersoya en el piedemonte llanero. El ensayo se estableció en la Finca Las Acacias, vereda Santa Rosa, Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta ubicado a 350 msnm con precipitación de 2500-3200 mm/año, temperatura media de 28°C y suelos clase IV de textura franco arcillosa.

El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos por variedad. Los tratamientos correspondieron a dos cepas de *Bradyrhizobium japonicum* y tres variedades de soya. Los datos obtenidos se trabajaron con análisis de varianza (ANAVA) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, mediante el programa SAS versión 9. El análisis estadístico reportó que la cepa J-96 tuvo un mejor comportamiento en nodulación (Soyica P-34 T0= 11,75 nodulos, T1= 47,75 nodulos, T2= 73 nodulos, Cimarrona T0= 9,75 nodulos, T1= 30,75, T2= 46,75 nodulos, Supersoya T0= 10,75 nodulos, T1= 55,75 nodulos, T2= 60,75 nodulos) en las tres variedades de soya, reportando mayor especificidad en la variedad Soyica P-34, así mismo, en el rendimiento no se halló diferencia significativa entre tratamientos, aunque sobresalio la cepa J-01 en producción en las tres variedades de soya. Sin embargo, los tratamientos tuvieron mayor rendimiento que el testigo tratado con nitrógeno, superándolo hasta en el 32,9% (T1), dejando ver los beneficios de inocular la variedad soyica P-34 con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 y J-96.

Palabras clave: Evaluar, comportamiento, *Bradyrhizobium japonicum*, Soya, piedemonte llanero, nodulos, rendimiento.

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the behavior of strains of *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 and J-96 in the varieties of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Cimarrona P-34 and in the piedmont plains Supersoya. The trial was established at Finca Las Acacias, village of Santa Rosa, municipality of Villavicencio in the Meta Department, located at 350 m, with rainfall of 2500-3200 mm / year, average temperature of 28 ° C and Class IV soils, texture clay loam.

The statistical design was completely randomized with four replications and three treatments per variety, the treatments were two strains of *Bradyrhizobium japonicum* and three varieties of soybeans. The data were worked with analysis of variance (ANOVA) and for comparison of means was used the Tukey test using SAS version 9. The statistical analysis reported that the strain J-96 fared better in nodulation (nodule number and fresh weight) in the three varieties of soybean, reporting greater specificity in the range Soyica P-34, likewise, not performance significant difference between treatments, but stood the strain J-01 production in the three varieties of soybeans.

Keywords: Assess, behavior, *Bradyrhizobium japonicum*, Soybean, piedmont plains, nodules, yield

INTRODUCCION

La soya (*Glycine max* (L.) Merrill) es un cultivo ampliamente distribuido en el mundo, que tiene un gran potencial de producción en Colombia por su gran demanda para la producción de aceites comestibles además por su alto contenido proteico, también se utiliza en la elaboración de alimentos para animales y como complemento para la dieta humana. La soya se ha constituido en una de las principales oleaginosas de ciclo corto la cual genera grandes aportes de tipo biológico y químico a los suelos, utilizada en procesos de rotación de cultivos particularmente en maíz y arroz los cuales se benefician de procesos simbióticos de esta leguminosa.

Dentro de las ventajas comparativas que presenta la zona del piedemonte llanero frente a las demás zonas agrícolas del país representa una importante alternativa de producción. En la actualidad el departamento del Meta es el principal productor y aporta cerca del 80% de la producción nacional, seguido por el departamento del Valle del Cauca con un 19% (Valencia R.A, 2006).

Actualmente una de las problemáticas que presenta el cultivo de la soya es su competitividad en la producción debido a sus bajos rendimientos por factores de suelo, clima y de orden sanitario, generando de este modo un incremento en los costos de producción. Considerando que en la pérdida de suelo por malos manejos agronómicos se ha aumentado los niveles de fertilización aplicando principalmente fertilizantes nitrogenados lo cual resulta una práctica costosa debido a los altos precios alcanzados por el petróleo y gas natural, las fuentes naturales que utilizan para su elaboración.

Una de las estrategias para suplir estos problemas generados por las malas prácticas adoptadas en nuestra región y lograr alcanzar competitividad del cultivo de la soya en la región es lograr hacer un manejo integrado de todos los factores que inciden en la producción como son la agroecología de la zona, el manejo integrado de plagas y enfermedades. En lo que respecta al recurso suelo se puede hacer un manejo a través del aprovechamiento de las fuentes biológicas, el reciclaje de los nutrientes y las prácticas de labranza apropiadas para conservar y mejorar la fertilidad del suelo.

Una de las prácticas destinadas a mejorar la actividad biológica del suelo y suministrar nitrógeno atmosférico a las plantas, es la inoculación de bacterias nitrificantes a la semilla de soya proceso denominado fijación biológica de nitrógeno (FBN), el cual constituye un aporte muy importante de nitrógeno al suelo.

y a las plantas, debido a la simbiosis que forman las leguminosas con bacterias de la familia Rhizobiaceae. El FBN es uno de los componentes de la tecnología de los bajos insumos mediante la cual se pretende obtener rendimientos adecuados si necesidad de realizar inversiones cuantiosas en insumos.

Este trabajo resalta la importancia de obtener la especificidad de las cepas de Rhizobium a las diferentes variedades comerciales de semilla de soya para el piedemonte llanero con el fin de aumentar y optimizar la fijación biológica del nitrógeno caracterizando de esta manera los materiales más adecuados para la producción del cultivo de la soya, orientando a los agricultores de la zona dándoles de este modo una mejor opción para escoger la variedad de semilla e inoculante (cepa de Rhizobium), alcanzando unos mayores índices de producción a un costo permitiendo una mayor rentabilidad.

1 OBJETIVOS

1 1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 y J-96 en las variedades de soya (*Glycine max* (L) Merrill) P-34 Cimarrona y Supersoya en el piedemonte llanero, Finca Las Acacias, vereda Santa Rosa Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta

1 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el número y peso fresco de nódulos en cada una de las interacciones de las variedades inoculadas con cepas de *B japonicum* J-96 y *B japonicum* J-01

- Evaluar rendimiento en las diferentes variedades de soya inoculadas con las cepas de *B japonicum*

2 MARCO TEORICO

2 1 ORIGEN, TAXONOMIA Y MORFOLOGIA DE LA SOYA

La soya tuvo su origen en el oriente asiatico (China) y su domesticacion se inicio durante la Dinastia Chou (del siglo XI al VII a C) Sin embargo es probable que la verdadera domesticacion se diera durante la Dinastia Shang (1700-1100 a C), de donde se expandio a otros paises de Asia, a algunos paises de Europa y posteriormente al continente americano

El genero *Glycine* Willd es un miembro de la familia leguminosae, subfamilia Papilionoideae y tribu Phaseoleae La tribu Phaseoleae contiene generos y especies de considerable importancia en la alimentacion humana y animal Entre ellas *Glycine max* (L) Merr-soya *Cajanus cajan* (L) Millsp- Guandul, *Phaseolus* spp - frijol comun *Vigna* spp - caupi, etc El nombre *Glycine* fue originalmente introducido por Linnaeus *Glycine* se deriva del griego glykys que significa dulce El genero *Glycine*, actualmente esta dividido en los subgeneros *Glycine* y *Soja* (Moench) El subgenero *Soja* incluye a *Glycine max* (L) Merrill, *Glycine soja* Sieb - Zucc y *Glycine gracilis* Existen evidencias de que *Glycine soja* es el ancestro de la especie *Glycine max* *Glycine max* tiene un numero de cromosomas $2x = 40$ El hibrido F1 del cruce entre *Glycine max* x *Glycine soja* es semiesteril debido a una translocacion cromosomatica (Valencia, R,A, 2006)

En Brasil, hasta mediados de los 60 la soya no tenia importancia economica Entre 1965 y 1975 la superficie sembrada con soya se aumento de 432 a 5 747 ha con un incremento en rendimiento hasta del 28% por hectarea En el 2004 en Brasil se sembraron cerca de 2 1 millones de hectareas Los principales factores para su expansion fueron los subsidios gubernamentales el desarrollo simultaneo de la infraestructura de procesamiento y comercializacion, y un mercado mundial favorable para negociar la semilla, el aceite y la harina (Valencia, R,A, 2006)

En 1929 la soya fue introducida a Colombia a nivel experimental y su produccion comercial se inicio en el siglo XX, decada de los 50, con variedades introducidas de Estados Unidos como Missoy Mammoth Yellow, Biloxi, Aksarben, Acadian, Hale 3, Hill y Davis y se cultivo por muchos años exclusivamente en el Valle del Cauca En la decada de los 80 se expandio su cultivo a zonas del Huila, Tolima, Costa Atlantica y Llanos Orientales

En el Piedemonte Llanero, la producción comercial de soya se inició en 1984 con 500 ha y ascendió a cerca de 35 000 ha en 1990, donde alcanzó la máxima participación con 31% de la producción nacional. A partir de 1991, la importación de soya Boliviana, la congelación de precios de sustentación y los altos costos de producción, contribuyeron con la reducción del área sembrada (8 000 ha en 1998). En el 2003 se reactivaron las áreas de siembra (26 135 ha), como consecuencia del incremento en el precio de compra del grano (\$962 129) (Bastidas Gilberto y Agudelo Orlando 1994)

2 1 1 Morfología de la planta de soya La soya *Glycine max* (L) Merrill es una planta anual, herbácea normalmente pubescente, de altura variable (25-180 cm), poco o muy ramificada (generalmente de 1 a 4) dependiendo de la variedad y condiciones ambientales. El tallo en su etapa inicial de crecimiento comprende el hipocotilo y el epicotilo, posteriormente se desarrolla el nudo de la primera hoja trifoliada. El número de brotes axilares sobre el tallo principal depende de la variedad y densidad de plantas. Generalmente, se presentan dos tipos de crecimiento: crecimiento determinado en el cual el brote terminal se desarrolla en una inflorescencia terminal que posteriormente da origen a un racimo de vainas, y crecimiento indeterminado donde el tallo no termina en inflorescencia. Las plantas determinadas han crecido cerca del 80% cuando florecen, en cambio las indeterminadas, un 60% y continúan creciendo después de la floración, produciendo flores y vainas simultáneamente (Valencia R,A, 2006)

El sistema radicular consiste de una raíz primaria la cual no se distingue de otras raíces de similar diámetro y un gran número de raíces secundarias que son el soporte de varios órdenes de pequeñas raíces. La raíz principal puede alcanzar una profundidad de 200 cm y las raíces laterales una longitud de 250 cm. La mayoría de raíces se ubican en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. En las raíces pueden formarse nódulos de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium japonicum*), en asociación simbiótica con la planta.

En la soya se presentan diferentes tipos de hojas: el primer par de hojas de cotiledones simples, el segundo par de hojas primarias simples opuestas y las trifoliadas alternas, raramente con 5 trifolios. Las hojas simples son ovaladas y las trifoliadas son ovaladas o lanceoladas.

En la unión del tallo principal con las hojas se forman las yemas axilares. Estas pueden dar origen a ramas o a racimos de flores. Por lo general, la floración se inicia en el cuarto nudo y está controlada por el fotoperíodo, la temperatura y el genotipo.

Estas flores son de color blanco, púrpura o combinadas (blanco con púrpura) El color de la flor está relacionado con el color del hipocotilo de tal manera que plantas con flores blancas tendrán hipocotilos verdes y plantas con flores púrpuras poseerán un hipocotilo de color púrpura La flor tiene un cáliz tubular y una corola de cinco pétalos (un pétalo de mayor tamaño o “estandarte”, dos pétalos laterales o alas y dos delanteros denominados “quilla”) La flor cuenta con un ovario (2 a 5 ovulos), diez estambres (nueve soldados y uno libre) y un pistilo Por ser una flor completa y dada su estructura, la soya se autofecunda, aunque puede existir un 0.5% de polinización cruzada

La semilla se desarrolla rápidamente después de la fecundación A los 7 días se inician los cotiledones, en 12 días se definen los sistemas tisulares del hipocotilo, a los 14 días se forman los primordios de las hojas primarias y a los 30 días se diferencia el primordio de la hoja trifoliada Las vainas maduras pueden tener de 1 a 5 semillas, aunque normalmente se dan con 2 a 3 semillas Las semillas son amarillas, verdes, negras o marrón y su forma varía desde la casi esférica, hasta la achatada (Valencia, R, A, 2006)

2.1.2 Ciclo vegetativo de la soya En la soya se presentan dos periodos bien definidos de crecimiento y desarrollo el periodo vegetativo comprendido entre la emergencia de los cotiledones y el inicio de la floración y el periodo reproductivo comprendido entre el inicio de la floración y la madurez del grano En cada periodo se distinguen varias etapas, las cuales son identificadas tomando como referencia el crecimiento de las hojas, nudos, flores y vainas La duración de los periodos y etapas es variable dependiendo del genotipo y las condiciones ambientales En el Piedemonte llanero, el periodo de crecimiento y desarrollo de la soya tiene una duración de 85 a 115 días (dde) en las variedades comerciales tradicionales

- **Periodo vegetativo** A continuación se describen las diferentes etapas del periodo vegetativo y del reproductivo, como son tiempo de duración promedio en el Piedemonte Llanero



Estado VE: los cotiledones emergen sobre la superficie del suelo. Se presenta entre 4 y 7 días después de la siembra.



Estado VC: los bordes de las hojas cotiledonares no se tocan. Ocurre de 3 a 4 días después de emergencia (dde).



Estado V1: nudo uno. Hojas unifoliadas completamente desarrolladas (7 a 8 dde).



Estado V2: nudo 2. Hoja trifoliada en vaina de la unifoliada completamente desarrollada (9 a 12 dde).



Estado Vn: nudo n. Hoja trifoliada completamente desarrollada en el nudo n. Márgenes de la hoja del nudo inmediatamente inferior no se tocan (13 a 38 dde).

- **Período reproductivo**



Estado R1: iniciación de la floración. Primer flor abierta en algún nudo del tallo principal (35 a 38 dde).

Estado R2: floración completa. Flores abiertas en uno de los dos nudos superiores del tallo principal (38 a 45 dde).



Estado R3: iniciación en la formación de vainas. Vainas de 0.5 cm de longitud en uno de los cuatro nudos superiores del tallo principal (45 a 52 dde).

Estado R4: formación completa de vainas. Vainas de 2 cm de longitud en uno de los cuatro nudos superiores del tallo principal (52 a 64 dde).



Estado R5: iniciación de la formación de la semilla. Semilla de 0.3 cm de longitud en uno de los cuatro nudos superiores (55-66 dde).

Estado R6: formación completa de la semilla. Vainas con semilla verde de tamaño máximo en uno de los cuatro nudos superiores (75 a 86 dde).



Estado R7: iniciación de la madurez. Una vaina normal en el tallo principal ha alcanzado la coloración de vainas maduras (85 a 96 dde).



Estado R8: madurez completa - cosecha. El 95% de las vainas han alcanzado el color de las vainas maduras y se cosecha aproximadamente de 5 a 10 días después (95 a 115).

El crecimiento de la raíz se inicia con la germinación. La raíz primaria y las laterales crecen muy bien hasta R5-R6. La nodulación ocurre en etapas tempranas como V1 y continúa a través de los estados vegetativos para que el nitrógeno fijado por el *Rhizobium* sea utilizado por la planta. El estado R4 marca la iniciación del período de desarrollo de la planta más importante en términos de producción de grano. Cualquier estrés por alta temperatura, déficit hídrico, heladas o deficiencia de nutrientes, que ocurra entre R4 y R6 puede producir mayores pérdidas en rendimiento que el mismo estrés en otros períodos de desarrollo (Valencia, R,A, 2006.).

2.2 VARIEDADES DE SOYA DE IMPORTANCIA ECONÓMICA PARA LA ORINOQUIA COLOMBIANA

2.2.1 Mejoramiento genético de soya para la Orinoquia. El mejoramiento genético de soya en Colombia se inició en el Valle del Cauca en 1960 y en 1984 en la Orinoquia. En el proceso de generación de variedades adaptadas a los agroecosistemas del Piedemonte llanero y Altillanura, al inicio se incorporaron en pruebas regionales líneas avanzadas promisorias procedentes del Centro de Investigación de Palmira (Valle) y las líneas generadas por selección específica a partir de cruzamientos y poblaciones segregantes desarrolladas en el C.I. La Libertad. Las variedades de soya desarrolladas para el Llano y sus características más importantes se describen a continuación:

2.2.2 Soyica Ariari 1. La primera variedad de soya liberada para los suelos de vega del Río Ariari y Río Negro, recibió la denominación de Soyica Ariari-1. Fue desarrollada por el Programa Nacional de Leguminosas de Grano y Oleaginosas

Anuales del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, en los Centros de Investigación de Palmira y La Libertad. Liberada como variedad en 1989.

Se originó del cruzamiento VI x (Júpiter x F66-1534) realizado en Florida (Estados Unidos) para condiciones tropicales. Las selecciones se adelantaron en el C.I. Palmira a partir de 1975 y en 1978 se incorporó el material como línea experimental (Valencia, R,A, 2006.).

Las plantas de Soyica Ariari -1 son de crecimiento determinado, alcanzan una altura de planta que fluctúa entre 48 y 67 centímetros, con un inicio de carga promedio de 19 cm. Su período de siembra a cosecha varía entre 110 y 120 días, sus flores son de color lila, las hojas verde intenso y la pubescencia es de color café oscuro. El color típico de la semilla es crema con hilum café oscuro.

Es una variedad de adaptación amplia, resistente al volcamiento en densidades de siembra de 350.000 a 500.000 plantas por hectárea. En suelos de vega del Piedemonte llanero se recomienda su siembra en el segundo semestre del 1 al 15 de septiembre, en distancias de 40 cm entre surcos y 5 cm entre plantas.

Presenta tolerancia a Pústula bacterial (*Xanthomonas Campestris* pr. *Phaseoli*), bacteriosis (*Pseudomonas syringae* pr. *Glycinea*), y resistencia al Mildew Velloso causado por *Peronospora manshurica*. No se recomienda el control químico para estas enfermedades. Es altamente susceptible a cercospora (*Cercospora sojina*) y tiene problemas de degradación de clorofila, que le confieren una coloración verde al grano, lo cual demerita su calidad.

Se han obtenido rendimientos experimentales de 3.100 kilogramos por hectárea y semicomerciales de 2.400 kilogramos por hectárea. Presenta un secado uniforme y es resistente a la apertura natural de las vainas. Se recomienda la recolección cuando el grano tenga un 14% de humedad (Valencia, R,A, 2006.).

2.2.3 Variedades de soya comercial (semillas Kamerun)

- **Variedad Soyica P-34.** Es la variedad de soya de mayor área sembrada en la Orinoquia. Fue liberada por el ICA para el Piedemonte llanero y Valle del Cauca en 1992, por ser una alternativa de producción competitiva.

La variedad Soyica P-34 proviene de cruzamientos realizados en 1984 en el C.I. Palmira, entre las variedades Davis, AGS 129 y la línea experimental 568-M(3). Progenies sobresalientes de estos cruzamientos fueron evaluadas en suelos de vega, en diferentes localidades de los departamentos del Meta, Arauca y

Casanare, a partir de 1989. Destacándose en todas las pruebas como Línea ICA L-163, la cual dio origen a la variedad Soyica P-34.

Las plantas de Soyica P-34 alcanzan una altura entre 70 y 85 centímetros, con capacidad para ramificar, hábito de crecimiento indeterminado y de pubescencia gris.

Las hojas son erectas con folíolos angostos y alargados (lanceolados), permiten buena iluminación de los estratos inferiores. Flores de color blanco. La floración ocurre entre los 30 y 32 días después de la emergencia, y los granos completan el llenado 60 ó 63 días después de ella. Las primeras vainas se insertan a alturas superiores a 14 centímetros. Su maduración y secamiento son uniformes y presentan buena resistencia al desgrane. Las semillas son de color amarillo con hilum café claro. El período de siembra a cosecha varía entre 105 y 110 días.

La variedad manifiesta buen comportamiento en poblaciones entre 350.000 y 400.000 plantas por hectárea; en mayores poblaciones, se puede presentar volcamiento.

El número de vainas por planta es variable y oscila entre 25 y 60, de acuerdo con la densidad de la población y condiciones ambientales. El 78% del grano es producido por vainas de 2 y 3 gramos, y un 9% por vainas de 4 gramos. El promedio es de 2.5 semillas por vaina con un peso de 180 miligramos por semilla (18 g/100 semillas).

Se recomienda su siembra del 1 al 25 de septiembre en suelos de vega del Piedemonte y del 15 al 30 de agosto en suelos de la Altillanura, en distancias de 40 cm entre surcos y 5 cm entre plantas.

La variedad Soyica P-34, bajo las condiciones ambientales predominantes en el Piedemonte de los Llanos Orientales, es resistente a la Mancha Ojo de Rana (*Cercospora sojina*), al Mildew Velloso (*Peronospora manshurica*), a la Mancha Púrpura de la semilla (*Cercospora kikuchii*), tolerante a la Pústula bacteriana (*Xanthomonas campestris vs. phaseoli*) y al Complejo Viroso. En suelos degradados y con problemas de drenaje, se puede presentar incidencia de enfermedades radiculares como: *Cylindrocladium sp.*, *Phizoctonia sp.* y *Phytophthora sp.*

Por los altos niveles de precipitación y alta humedad relativa, Soyica P-34 no se recomienda para siembras en el primer semestre en la Orinoquia (vegas o sabanas), por cuanto es susceptible a enfermedades de la vaina y se presenta retención foliar con tallos y ramas verdes a cosecha, lo que favorece el deterioro del grano y por ende, pérdidas en calidad y producción. La variedad no soporta excesos de agua en el suelo.

Soyica P-34 ha mostrado buen comportamiento al ser cultivada durante el segundo semestre en el Piedemonte Llanero, en suelos bien drenados, de fertilidad media a alta. Presenta secamiento uniforme y resistencia a la apertura natural de las vainas. El rendimiento en grano está entre 2.200 y 2.800 kilogramos por hectárea, en suelos de vega o suelos de sabana mejorados. Se recomienda la recolección cuando el grano tenga un 14% de humedad (Valencia, R,A, 2006.).

- **Variedad Cimarrona.** Esta es el resultado del mejoramiento genético con el cruce de los padres Linez GIS 04 X GIS 001, (Registro ICA No. 39). Es una variedad de alto rendimiento adaptada para suelos de los Llanos Orientales y Pie de Monte Llanero. Esta presenta tolerancia a la Mancha de Ojo de Rana (*Cercospora sojina*), mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*) y a la Pústula Bacterial (*Xanthomonas phaseoli*).

Adaptacion	300 - 1200 m.s.n.m.
Tipo de Crecimiento	Determinado
Periodo Vegetativo	111 dias
Altura de Planta	69 cm
Color de Flor	Lila
Color de Pubescencia	Marron
Color del Grano	Amarillo
Peso de 100 Semillas	17 gr
Contenido de Aceite	20%
Contenido de Proteina	39%
Poblacion Recomendada	450.000 plantas / ha
Rendimiento Comercial	2.467 Kg / ha (Valencia, R,A, 2006.).

- **Variedad Supersoya.** Descripción Obtenida por el Programa Nacional de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anules del Instituto Colombiano Agropecuario. Es apta para suelos de vegas de los Llanos Orientales y alcanza una excelente altura de carga para la cosecha directa. Con respecto a

enfermedades presenta tolerancia a Pústula Bacterial (*Xanthomonas phaseoli*), a la Mancha de Ojo de Rana (*Cercospora Sojina*), y resistencia al Mildew Velloso (*Peronospora Manchurica*) (ICA, 1989). Adaptación: 300 - 1,200 m.s.n.m. Tipo de Crecimiento: Determinado. Periodo Vegetativo: 100-105 días. Altura de Planta 65 cm. Color de Flor: Lila. Color de Pubescencia: Café oscuro. Color del Grano: Amarillo. Peso de 100 Semillas 20 gr Contenido de Aceite: 19%. Contenido de Proteína: 41%. Poblacion Recomendada: 450,000 Plantas / ha. Rendimiento Comercial 2,600 Kg / ha (Valencia, R,A, 2006.).

2.2.4 Soya CORPOICA Orinoquia 3. Como resultado de la investigación en mejoramiento genético en el Centro de Investigaciones La Libertad y C.I. Palmira, se desarrolló la variedad de soya CORPOICA ORINOQUIA - 3, para los suelos de vega y sabanas de la Orinoquia colombiana. Liberada el 3 de agosto de 1999.

Orinoquia-3 proviene del cruzamiento simple de las líneas SMOT-19 x LYS - 3, generada por selección de Pedigree, para crear la línea 1001, la cual originó esta nueva variedad.

Se caracteriza por presentar hábito de crecimiento indeterminado, pubescencia café, flor púrpura, semilla amarilla uniforme, hilum café, inicio de carga de 15 cm y altura de planta entre 75 y 85 cm, con alta capacidad para ramificar. Esta variedad es 3 a 5 días más precoz, uniforme y de mayor competencia con malezas que la variedad Soyica P-34. No presenta problemas de volcamiento al sembrarse en distancias de 17 o 34 entre surcos y 10 o 12 cm entre plantas, sin afectar su rendimiento de grano. En distancias de 17 cm entre surcos y con más de 14 plantas por metro lineal se presenta alto volcamiento (Valencia, R,A, 2006.).

La variedad tiene buen comportamiento en poblaciones de 350.000 a 500.000 plantas por hectárea. Se recomienda sembrarla en el segundo semestre, en suelos bien drenados de vega del Piedemonte entre el 1 y el 25 de septiembre y en suelos de sabana (Altillanura), del 15 al 30 de agosto. Para siembras del primer semestre en suelos de la Altillanura, se recomienda la siembra del 15 al 25 de abril (Valencia, R,A, 2006.).

Entre las variedades comerciales desarrolladas, es la única alternativa varietal para siembras del primer semestre en suelos de la Altillanura, por su tolerancia a 60% de saturación de aluminio, por su precocidad (cosecha entre 95 y 100 días después de la siembra), alta uniformidad de secamiento, con tolerancia a hongos de la vaina. En suelos de sabana mejorada, esta variedad ha alcanzado hasta 3.100 Kg/ha de grano con 15% de humedad.

ORINOQUIA-3 presenta reacción de resistencia de campo a las principales enfermedades de la región, como: mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), Mildew velloso (*Peronospora manshurica*), Pústula bacterial (*Xanthomonas Campestris* pr. Phaseoli), bacteriosis (*Pseudomonas syringae* pr. Glycinea) y a los complejos virales. Esta condición de resistencia varietal a las enfermedades foliares permite producir soya libre de fungicidas, reduciendo los costos de producción y el impacto ambiental negativo. Se recomienda su siembra en suelos bien drenados y no compactados, por cuanto los problemas patológicos asociados con pudriciones radiculares pueden aflorar. Las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de patógenos, la degradación del suelo y la utilización de la siembra directa en suelos problema, pueden contribuir a sensibilizar el material genético contra patógenos como: *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Phytophthora* sp. En suelos de vega de las localidades de Granada y Villavicencio (Pompeya, Santa Rosa y Tanané), Meta, la variedad CORPOICA ORINOQUIA - 3 logró un rendimiento promedio de 2.426 Kg/ha, en siembras del segundo semestre. En suelos de sabana mejorada se han logrado rendimientos de grano hasta de 3.100 kg/ha con 155 de humedad. Esta a diferencia de las variedades comerciales conocidas, soporta niveles altos de humedad del suelo muy frecuentes en el primer semestre, donde produjo en promedio 2.343 Kg/ha de semillas de buena calidad, mientras que aquellas alcanzaron rendimientos inferiores y semilla de baja calidad (Valencia, R,A, 2006.).

2.2.5 Soyica Atillanura 2. Fue la primera variedad de soya liberada en 1994 para suelos ácidos de la Atillanura colombiana por el ICA y CORPOICA. Es producto del cruzamiento simple de la Línea 109 (Soyica N-21) y la Línea 124. La Línea 109 tiene como uno de sus progenitores la introducción PI-274954, la cual presenta tolerancia a crisomélidos; por su parte, la Línea 124 cuenta con genes de la variedad Davis para resistencia a *Cercospora* (*Cercospora sojina*), con combinaciones genéticas de Hill y Mandarin para alto potencial de rendimiento. Se caracteriza por tener hábito de crecimiento indeterminado, flores color púrpura, pubescencia café, semilla color amarillo, un promedio de 2.3 granos por vaina, un peso de 16 g/100 semillas y una altura de planta de 54 - 72 cm e inicio de carga superior a 12 cm. El período de siembra a cosecha varía entre 95 y 105 días. Se recomienda para siembras del segundo semestre, en densidades de 400.000 a 500.000 plantas por hectárea. En lo posible estrechar la distancia entre surcos a 17 cm y ampliar la distancia entre plantas de 8 a 10 cm, para reducir la pérdida de agua por evaporación. Esta variedad no se recomienda para suelos de vega del Piedemonte (Valencia, R,A, 2006.).

Soyica Atillanura 2 presenta reacción de resistencia de campo a las principales enfermedades foliares de la zona, como: Mancha Ojo de Rana (*Cercospora*

sojina), Mildeo Velloso (*Peronospora manchurica*), Pústula Bacterial (*Xanthomonas Campestris* pr. *Phaseoli*), Bacteriosis (*Pseudomonas syringae* pr. *Glycinea*) y a los complejos virales.

Es tolerante hasta 70% de saturación de aluminio y su rendimiento puede variar de acuerdo a los niveles presentes en el suelo. Con saturación de aluminio de 70 % alcanza 1.500 kg/ha y con 63%, 2.100 Kg/ha. En la medida en que se mejoren las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos ácidos de la Altillanura colombiana, a través de la rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes y manejo eficiente del recurso suelo, los efectos nocivos del aluminio se reducirán y por ende, se incrementará el potencial productivo de esta variedad (Valencia, R.A, 2006.).

2.2.6 CORPOICA La Libertad 4. Variedad de soya desarrollada por CORPOICA en el Centro de Investigación la Libertad (Villavicencio - Meta), como alternativa genética para la Orinoquia colombiana, con adaptación a suelos oxisoles de la Altillanura (saturación de bases en 40 y 60%) y altitudes entre 150 y 1.200 msnm. Variedad liberada en julio de 2005 (Valencia, R.A, 2006.).

La variedad de soya CORPOICA LA LIBERTAD 4 proviene del cruzamiento simple Doko por ELTA06, realizado en el Centro de Investigación La Libertad en 1991. La variedad Doko de origen brasileño se caracteriza por presentar adaptación a suelos ácidos y alto potencial de rendimiento. La línea ELTA06 fue desarrollada en Colombia en el C.I. La Libertad y seleccionada por su alto rendimiento de grano, tolerancia a aluminio y tolerancia de campo a las enfermedades foliares: Cercospora, Pústula Bacteriana, Mildeo y Virosis.

La planta se caracteriza por tener hábito de crecimiento determinado, pubescencia gris, flor púrpura, semilla de color amarillo, hiliun café y de forma ovoide. La floración ocurre a los 38 días y a los 86 días alcanza la madurez.

La densidad ideal, para maximizar los rendimientos económicos sin afectar otras variables de importancia, son 588.000 plantas por hectárea, en arreglos de 17 cm entre surcos y 10 cm entre plantas, donde alcanza rendimientos superiores a 2.800 kg/ ha. La mejor época de siembra para el segundo semestre en la Altillanura es del 15 al 30 de agosto.

Presenta tolerancia a las enfermedades foliares: Mancha Ojo de Rana (*Cercospora Sojina*), Pústula Bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* p.v. *glycines*),

Bacteriosis (*Pseudomona glycinea*), Mildeo Velloso (*Peronospora manshurica*) y Virus del mosaico común.

La reacción a insectos plaga es similar a la variedad comercial Soyica P-34, donde las plagas de importancia económica son: *Cerotoma tingomariana*, *Maruca vitrata* y *Anticarsia gemmantalis*.

Bajo las condiciones edafoclimáticas de Puerto López (Meta), con saturación de bases del 25%, la variedad de soya CORPOICA LA LIBERTAD 4 produjo 2.171 kg/ ha., que por su tolerancia al aluminio, superó en 28.3% la producción de grano de la variedad Soyica P-34. Mientras que en el C.I. La Libertad, con 52% de saturación de bases, la variedad alcanzó un rendimiento de 2.470 kg/ha., con una diferencia de 23.2% con relación a la Soyica P-34 (Valencia, R,A, 2006.).

2.2.7 CORPOICA Taluma 5. Otro gran logro de la investigación en mejoramiento genético, ha sido el desarrollo de esta variedad de doble propósito (grano o forraje). Proviene del cruzamiento ICATaroa x (L-119xACC 2120) realizado en el C.I. Palmira.

De hábito indeterminado, flor púrpura y con alta tolerancia al aluminio. En suelos con saturación de bases entre 40 y 60% alcanza un rendimiento promedio de 20 t/ha de biomasa fresca con un corte a los 67 - 72 dee, aunque esta producción puede variar de 15 a 36 t/ha, y de grano entre 1.8 y 2.7 t/ha, con un potencial de 4 t/ha. Es una variedad tardía con un período vegetativo de 110 a 120 días. Material que será lanzado en agosto de 2006.

Por sus características forrajeras, puede ser incorporada como alternativa proteica para elevar el nivel nutricional del ensilaje. El ensilaje con millo (40:60), alcanza niveles de proteína entre 15 y 18%. Esta variedad se recomienda para suelos de sabana bien sea para grano o forraje y en suelos de vega solo para forraje.

Es tolerante a las enfermedades Mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), Pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* p.v. *glycines*), Bacteriosis (*Pseudomonas glycinea*), Mildeo velloso (*Peronospora manshurica*) y Virus del mosaico común.

La variedad de soya CORPOICA Taluma 5, desarrollada por Corpoica, se constituye en la primera variedad de soya con utilidad forrajera para la

alimentación balanceada de rumiantes o como grano para la alimentación de monogástricos (Valencia R., R. A. 2006).

2.2.8 Comportamiento de otras variedades. Ante la escasa disponibilidad de variedades mejoradas de soya para los suelos de vega del Piedemonte llanero, se ha evaluado el comportamiento agronómico y nivel de adaptación de variedades desarrolladas para otros agroecosistemas.

- **ICA-CORPOICA OBANDO 1.** Fue desarrollada por CORPOICA en 1996 para el Valle Geográfico del Río Cauca, para áreas comprendidas entre 800 y 1200 m.s.n.m., de crecimiento indeterminado, con alto potencial de rendimiento y tolerancia de campo a enfermedades. La variedad ICA-CORPOICA OBANDO 1 es el resultado del cruzamiento entre dos líneas avanzadas (Línea 2713 x Línea 2019) realizado en 1987, el cual dio origen a la línea L-182 en 1991. Tiene un período de siembra a floración de 43 días y a madurez fisiológica de 95 días, la cosecha se realiza a los 110 días, una altura de planta a cosecha de 90 cm. y 56 vainas por planta en promedio. La hoja es de forma oblonga y de color verde claro. Las flores de color blanco y la pubescencia de color café.

Presenta susceptibilidad a Mancha de ojo de Rana (*Cercospora sojina*), tolerancia a Mildeo veloso (*Peronospora manshurica*), Pústula bacterial (*Xanthomonas Campestris* pr. Phaseoli), bacteriosis (*Pseudomonas syringae* pr. Glycinea) y al complejo viroso.

Para la siembra, se recomiendan poblaciones entre 285 y 400 mil plantas por hectárea. El rendimiento promedio en el Valle del Cauca es 2983 kg/ha. En condiciones del Piedemonte llanero, la variedad Obando 1 alcanza niveles de producción similares a las variedades comerciales de mayor importancia para la zona, como Soyica P-34 y Orinoquia 3, cuando no se presenta incidencia de *Cercospora sojina*. En ambientes favorables para el desarrollo de este patógeno, la variedad Obando 1, puede presentar pérdidas drásticas en rendimiento (50 a 80%) (Valencia R., R. A, 2006.; García G., E. 2004).

2.2.9 Variedades futuras para la Orinoquia colombiana

- **CORPOICA Sabana 7.** Corpoica desarrolló por mejoramiento genético, la línea L-1426 como futura variedad para los suelos ácidos de la Altillanura, con alto potencial de rendimiento (2.1 a 2.9 t/ha) y precocidad (90 a 100 días), ideal para el

sistema de producción soya. Con resistencia de campo a las enfermedades foliares de importancia económica para la Orinoquia colombiana.

Hábito de crecimiento indeterminado. Esta línea ha recibido el aval en las pruebas de adaptación agronómica exigidas por el ICA y con rendimiento superior en 10% a Soyica P-34. Muy pronto será entregada a los agricultores e industriales (Valencia, R,A, 2006.).

- **CORPOICA Superior 6.** Esta futura variedad es desarrollada para suelos de vega del Piedemonte Llanero a partir de la línea L-1426-1s, con hábito de crecimiento determinado, flor púrpura, secamiento uniforme, con período vegetativo corto (81 días a madurez fisiológica), es 10 días más precoz que Soyica P-34, con rendimientos similares en grano. Puede constituirse por su alta precocidad en una excelente alternativa de rotación con maíz en suelos mejorados de la Altillanura (Valencia, R,A, 2006.).

2.3 NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Dadas las características químicas de los suelos aptos para el cultivo de la soya en los Llanos Orientales, tanto en suelos aluviales recientes (vegas) como aluviales antiguos de terraza alta y Altillanura plana, en donde predominan suelos ácidos, de bajas bases intercambiables y bajos contenidos de fósforo y materia orgánica, la adición de los nutrientes esenciales para una adecuada nutrición y desarrollo de la planta es una práctica imprescindible que se debe realizar tomando como referencia el análisis de suelos en cada predio a cultivar.

El proceso de nutrición de las plantas tiene que ver además con la clase de nutrientes, las funciones que desempeñan, la manera como los absorben las plantas, la distribución dentro de ellas o la translocación y relaciones con el suelo y el agua (Malavolta (1999).

2.3.1 Criterios de esenciabilidad de los nutrientes. El término de esenciabilidad de los elementos minerales fue propuesto por Arnon and Stout (1939) y posteriormente elaborado por Arnon (1950),(Malavolta (1999).

Para que un elemento sea considerado esencial según estos autores, debe cumplir los siguientes criterios:

- La falta del elemento en el suelo puede causar el fracaso de todo el ciclo del cultivo.
- La función de un elemento no puede ser remplazada por ningún otro elemento mineral.
- El efecto puede ser directo en uno o más aspectos del metabolismo y crecimiento de la planta. Por ejemplo, ser componente de un constituyente esencial de la planta como una enzima. Los efectos indirectos pueden ser por antagonismos de otro elemento presente en concentración excesiva o tóxica, o por condiciones físicas adversas (compactación) o biológicas (un organismo patógeno) (Malavolta, 1999).

2.3.2 Reservas naturales de nutrientes del suelo. El suelo es una fuente natural de nutrientes, pero en su mayor parte en forma no disponible para las plantas. Varios procesos se necesitan para hacerlos disponibles:

- Descomposición biológica de la materia orgánica (mineralización).
- Reacciones químicas sobre los minerales del suelo (intemperismo).
- Extracción de las partículas del suelo.

Esta liberación es demasiado pequeña para compensar los nutrientes removidos por la producción agrícola, especialmente en los trópicos húmedos donde los suelos son fuertemente intemperizados. El suelo es gradualmente empobrecido de nutrientes, cuando los removidos no son reemplazados (Laegreid et al., 1999).

2.3.3 Requerimientos nutricionales del cultivo de soya. Los fertilizantes minerales son usados como complemento de los nutrientes disponibles del suelo, tomados por el cultivo durante el ciclo de vida y la producción.

Las plantas forman materiales orgánicos complejos a partir del dióxido de carbono (CO₂) tomado del aire, energía captada del sol, agua y nutrientes inorgánicos tomados del suelo. Los nutrientes pueden estar disueltos en la solución del suelo en orden para ser disponibles para la planta o materia orgánica del suelo y pueden estar fragmentados o mineralizados en moléculas simples que pueden ser utilizados por las plantas (Laegreid et al., 1999).

Los nutrientes de las plantas están divididos en tres grupos:

1. Macronutrientes o nutrientes primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).
2. Mayores o nutrientes secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).
3. Micronutrientes se refiere a algunos elementos traza: Cloruro (Cl), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni).

Los nutrientes primarios y secundarios son requeridos en grandes cantidades, aunque hay variaciones entre cultivos. Son componentes de las proteínas, ácidos nucleicos y clorofila. Son esenciales en los procesos de transformación de energía, mantenimiento de la presión interna de la planta y en la función enzimática. Los micronutrientes son requeridos en pequeñas cantidades. Tienen funciones en el metabolismo de las plantas y la mayoría son constituyentes de las enzimas (Laegreid et al., 1999).

La investigación realizada para determinar los requerimientos nutricionales del cultivo de la soya es amplia y presenta diferencia en cuanto a las cantidades de nutrientes requeridos. Este efecto es debido principalmente a factores como tipo de suelo, concentración de nutrientes, genotipos, condiciones climáticas, sistema de cultivo y producción obtenida en cada lugar donde se han realizado estos estudios.

La exigencia nutricional de la soya es N, K, Ca, Mg, P y S y que la máxima acumulación de todos los nutrientes se encontraba entre los 82 y 92 días de edad de las plantas, en variedades de 120 días de período vegetativo en zonas subtropicales.

En suelos extremadamente ácidos (Oxisoles) de los Llanos Orientales de Colombia, encontraron que de los macronutrientes el K era el menos limitante para el cultivo de la soya en esta región, con suelos previamente encalados con 1.5 t.ha⁻¹ de cal dolomita.

El cultivo de soya requiere de cantidades apreciables de nutrientes para obtener altas producciones y buena calidad de grano. Algunos autores consideran que es uno de los cultivos que más extrae nutrientes en comparación con otras especies anuales (Monmeros, 1993).

De acuerdo con información tomada de diferentes fuentes, la extracción de nutrientes mayores para la producción de 3 t.ha⁻¹ de granos puede variar entre las siguientes cantidades (Monomeros 1993).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cultivo de la soya para producir tres toneladas por hectárea.

Nutrimento	Cantidad promedio (kg.ha ⁻¹)
N	220 – 275
P ₂ O ₅	50 – 65
K ₂ O	120 – 150
Ca	60 – 70
Mg	15 – 25
S	15 – 20
Zn	3.0 – 4.5
Cu	1.0 – 1.5
B	0.44 – 0.66
Mo	0.40 – 0.60

Fuente: (Valencia, R,A, 2006.).

2.3.4 Absorción de macronutrientes por la soya. La absorción de los macronutrientes por el cultivo de la soya está dada principalmente por el modelo de acumulación de materia seca de la planta. En términos generales, la absorción de nitrógeno es intensa a partir de los primordios florales (25 a 35 días de emergencia) hasta el llenado de las vainas (85-90 d.d.e) (Monómeros, 1993).

Entre la floración y el inicio del llenado de las vainas se absorbe cerca del 50% del total de nitrógeno requerido por la planta. La principal fuente de nitrógeno para la soya proviene del nitrógeno atmosférico mediante el proceso de fijación simbiótica; la proporción de nitrógeno absorbido por este proceso es variable (25% a más del 75%), donde intervienen condiciones del suelo, clima, manejo, variedad, e incluso la aplicación de nitrógeno inorgánico (Monómeros, 1993).

Teniendo en cuenta que existe una baja intensidad en la absorción de nitrógeno por la soya en la emergencia de plántulas e inicio de formación de vainas, pero altos requerimientos de nitrógeno en estas etapas, se han encontrado respuestas a la aplicación complementaria de nitrógeno con fuentes inorgánicas en pequeñas cantidades (10-20kg.ha⁻¹), lo cual ha beneficiado la producción de grano, sin afectar significativamente el proceso de fijación simbiótica (Monomeros, 1993).

La absorción de fósforo y potasio sigue el modelo de producción de materia seca, el cual es lento en la parte inicial y se incrementa notoriamente a partir de la floración y hasta el llenado de granos. El potasio es absorbido en mayores cantidades que el fósforo y su tasa de absorción es más intensa entre la floración y la formación de vainas. El fósforo, por su parte, continúa su absorción hasta la maduración de granos (Monomeros, 1993).

Cerca del 75% del N y del P y un 60% del K total encontrado en los tallos y hojas se translocan a los granos y aproximadamente un 50% de la cantidad de estos nutrimentos presentes en las semillas provienen de tallos y hojas y otro 5% de la absorción directa del suelo durante la formación y llenado de estos. (Norman Geoffey, 1983).

2.3.5 Funciones de los macro y micronutrientes. Los macro y micronutrientes pueden desempeñar tres grandes funciones en las plantas: promoción, formación y desarrollo de las estructuras, formación de grupos proteicos, regulación enzimática (activación, inhibición). Una cuarta función es la regulación y balance osmótico de algunos elementos, como: K, Na y Cl. Recientemente se ha descubierto la relación entre la nutrición mineral y la resistencia a enfermedades.

El flujo continuo de nutrientes desde la hoja depende de cada elemento y son generalmente clasificados como: Altamente móviles N, K, Na; móviles P, Mg; parcialmente móviles Cu, Fe, Mn, Mo, Zn; prácticamente inmóviles Ca y B (Hu y Brown, 1977, citados por Malavolta, 1999).

2.4 FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO

2.4.1 Aspectos generales de los biofertilizantes. Los biofertilizantes son insumos biológicos de bajo costo que sustituyen total o parcialmente a los fertilizantes sintéticos. De la calidad y uso adecuado de estos productos, depende la sostenibilidad de los agroecosistemas, acompañados de otras prácticas sostenibles de manejo agrícola, como la rotación y sucesión de cultivos y policultivos, el control biológico de plagas y enfermedades, la producción orgánica y los sistemas de cultivo y preparación del suelo.

En la actualidad ha crecido notablemente el interés por los biofertilizantes, debido a la necesidad mundial de buscar y desarrollar alternativas más limpias y menos costosas para el suministro de nutrientes a las plantas. La conciencia ecológica de la sociedad, ha surgido como consecuencia de la práctica de una agricultura intensiva y de la aplicación indiscriminada de fertilizantes químicos con el consiguiente deterioro progresivo del ambiente y contaminación de los

ecosistemas, lo cual ha creado la preocupación por recuperar y estabilizar los suelos mediante el aprovechamiento de los recursos biológicos de nutrientes y lograr una productividad agrícola sostenible y un desarrollo socioeconómico equitativo (Ferrera Cerrato y Pérez, 1995).

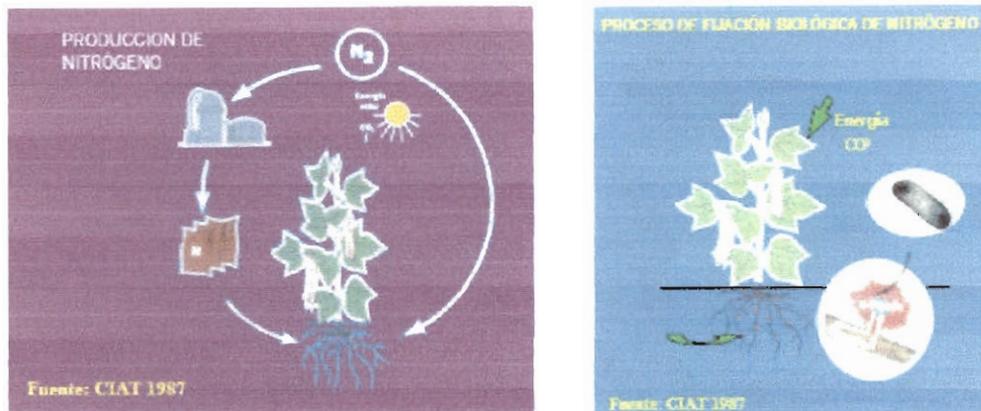
En la rizósfera, se llevan a cabo importantes procesos que definen el desarrollo de las plantas. Existe un flujo de compuestos, producto de la fotosíntesis, que son exudados por la raíz en forma de carbohidratos, aminoácidos, vitaminas, enzimas, nucleótidos, etc. Esto hace de este sitio, una zona ideal para el crecimiento de una gran variedad de microorganismos que al establecerse, tienen diferentes funciones relacionadas con las plantas. Gracias a estos organismos existe la disponibilidad de nutrimentos a través de la liberación del P, K, la fijación biológica de N₂, la producción de hormonas vegetales, la simbiosis con hongos formadores de la micorriza y el control biológico natural (Ferrera Cerrato y Pérez, 1995).

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y producción de cultivos, actualmente, este nutriente representa entre el 31 y el 80% del costo de los fertilizantes en la producción de cultivos en el Piedemonte llanero y la Altillanura plana. El continuo incremento en el costo de los fertilizantes nitrogenados ha generado la necesidad de ampliar la búsqueda de tecnologías alternativas que permitan remplazar total o parcialmente este nutrimento. Una de las alternativas más eficiente, desarrollada en los últimos años, es la fijación biológica del nitrógeno.

El interés por la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) ha crecido en la actualidad en los países, conscientes de la necesidad de buscar y explorar una alternativa más limpia y menos costosa que la fijación industrial del nitrógeno por el proceso de Haber y Bosch, para la producción sintética de este elemento que es esencialmente el cual se reduce a amoníaco, reacción que utiliza una gran cantidad de energía para romper la estabilidad del triple enlace de la molécula del nitrógeno, (figura 1).

De la inmensa reserva de N₂ que comprende cerca de 78% de la atmósfera, éste no está disponible a todos los eucarióticos (incluidas las plantas) y la mayoría de procarióticos. Apenas una porción relativamente pequeña de especies procarióticas poseen la enzima nitrogenasa, que es capaz de reducir el N₂ a la forma inorgánica combinada como NH₃, que puede ser disponible para las plantas y otros organismos (Moreira y Siquiera, 2002). Una de las especies de importancia económica y alimenticia que posee esta enzima es la soya.

Figura 1. Proceso para la producción industrial de nitrógeno y fijación biológica del nitrógeno.



Fuente: CIAT, 1997.

La soya es una especie que requiere altas cantidades de nitrógeno para adecuadas producciones y granos de buena calidad. De acuerdo con varios autores para producir 3 toneladas de grano por hectárea, se requieren entre 220 y 275 kg.ha⁻¹ de nitrógeno (Monomeros, 1993).

2.4.2 Fijación biológica de nitrógeno en soya. La soya, al igual que otras leguminosas, presenta la característica de asociarse con bacterias benéficas del suelo llamadas rizobios, que penetran en las raíces y forman nódulos. Las bacterias capaces de nodular la soya están clasificadas en dos especies: *Bradyrhizobium japonicum* y *Bradyrhizobium elkanii*. Los rizobios tienen la capacidad de obtener el nitrógeno del aire (N_2), convertirlo a formas asimilables por las plantas (amonio) y suministrarlo directamente a la planta como nutriente, la cual a su vez aporta a los rizobios los carbohidratos necesarios para su crecimiento y desarrollo, proceso que se denomina fijación biológica de nitrógeno (FBN).

La fijación biológica de nitrógeno, además de su importancia en la fertilidad del suelo, es uno de los mecanismos de reposición del nitrógeno que se pierde mediante la desnitrificación, absorción por los cultivos, percolación y erosión; por lo tanto es un proceso básico para que la vida continúe en la tierra (Echegaray-Alemán, 1995). Este proceso biológico es considerado el segundo más importante en el planeta después de la fotosíntesis, junto con la descomposición de la materia orgánica (Moreira y Siquiera, 2002).

La soya es una excelente alternativa de producción y de rotación de cultivos a escala comercial para los suelos de vega bien drenados y de terraza alta del

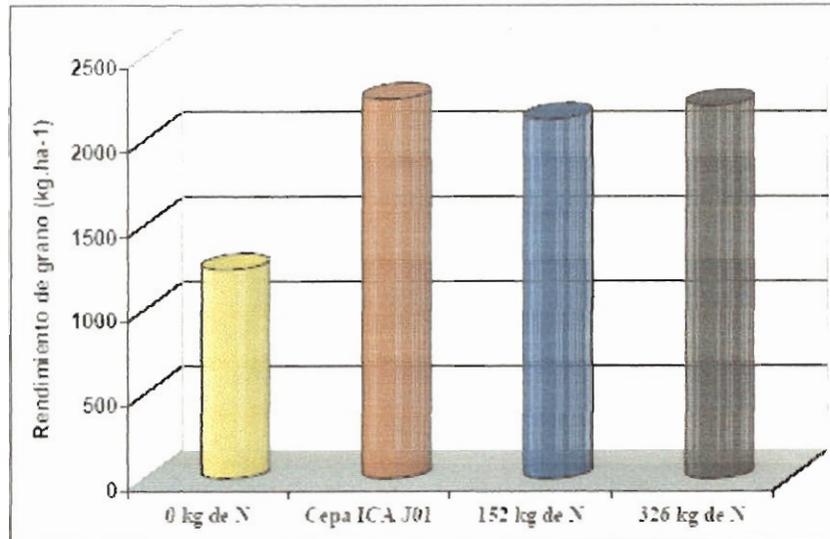
Piedemonte llanero y para la Altillanura plana de la Orinoquia. Los beneficios de la asociación soya-*rizobio* son aprovechados por los cultivos de arroz y maíz, lo que se refleja en el enriquecimiento del suelo, ya que la mineralización de los residuos constituye un aporte de nitrógeno disponible para las plantas (Moreira y Siquiera, 2002).

La viabilidad económica del cultivo de soya, se debe en parte al proceso de fijación biológica de nitrógeno realizado por la simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium*. En ausencia de la simbiosis, sería necesaria la aplicación de dosis elevadas de nitrógeno mineral que hacen poco rentable el cultivo. La aplicación de nitrógeno eleva los costos para el agricultor, puede producir impacto ambiental negativo por las grandes pérdidas asociadas con los fertilizantes nitrogenados, causadas por lixiviación, contaminación de lagos y ríos y por desnitrificación, con implicación en la capa de ozono.

La inoculación de la semilla de soya con cepas específicas de rizobio, de una alta germinación y un suministro adecuado de nutrientes al cultivo, hacen posible maximizar la contribución del proceso de fijación biológica de nitrógeno y obtener producciones satisfactorias (Campo y Hungria, 2000).

2.4.3 Producción de inoculantes para soya en Colombia y los Llanos Orientales. Los primeros inoculantes que contenían cepas de *Bradyrhizobium* fueron traídos de los Estados Unidos. Con el propósito de obtener cepas más eficientes y competitivas adaptadas a las condiciones edafo climáticas de Colombia, el ICA adelantó el proceso de investigación entre 1976 y 1998 y continuado por CORPOICA, en el cual se han logrado seleccionar las mejores cepas de *B. japonicum* específicas para soya bajo las condiciones agroecológicas de los Llanos Orientales (Munévar y Ramírez, 1990; Munévar, 1994).

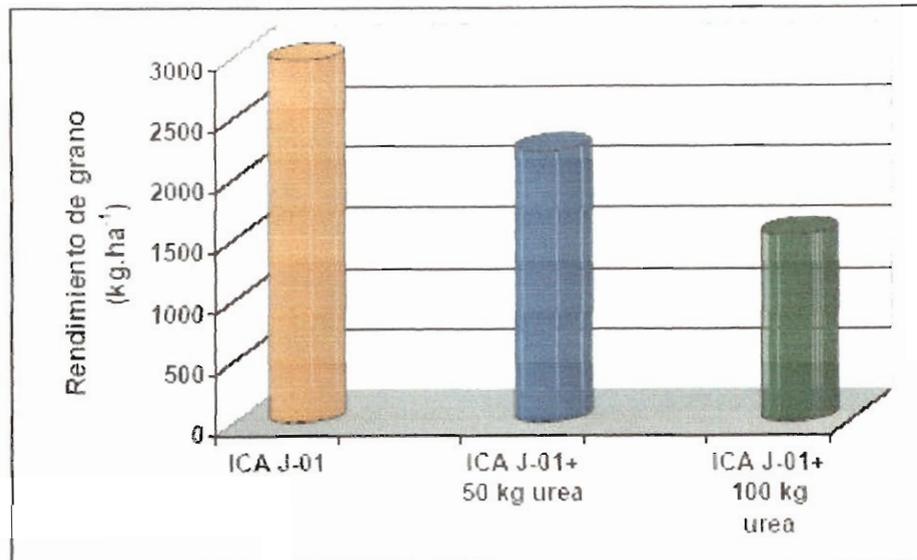
Mediante el proceso de investigación se seleccionó la cepa de rizobio ICA J-01 y se entregó en 1988 a los productores de los Llanos Orientales. La inoculación de la soya con esta cepa permitió un incremento en rendimiento del 81% comparada con la soya no inoculada y sin fertilización nitrogenada. En suelos de vega la cepa J-01 reemplazó la fertilización con nitrógeno en niveles entre 170 y 200 kg/ha (Munévar y Ramírez, 1990; Munévar, 1994), (figura 2). Este mismo efecto se ha presentado en los cultivos de soya establecidos en la Altillanura plana de la Orinoquia Colombiana, especialmente en suelos donde se tiene más de un ciclo de cultivo (Salamanca, 2002).



Fuente: Munevar y Ramirez 1990.

Figura 2. Rendimiento comparativo de soja con diferentes fuentes y dosis de nitrógeno en suelos de vega del Piedemonte Llanero (Promedio de 10 experimentos).

En experimentos semicomerciales realizados en Oxisoles de terraza alta del Piedemonte Llanero, al evaluar el efecto de la aplicación adicional de urea en la variedad de soja Orinoquia 3 inoculada con la cepa ICA J-01, se encontró que el rendimiento obtenido con la fuente biológica sola (cepa ICA J-01) superó en cerca de 49.3 y 94.7% al logrado con la fuente biológica más la adición de 50 y 100 kg.ha-1 de urea (figura 3).



Fuente: Munevar y Ramírez, 1990.

Figura 3. Efectos de la aplicación del Inoculante ICA J-01 solo y con la adición de fuentes nitrogenadas sintéticas.

Lo anterior demuestra que se puede obtener una alta productividad con genotipos seleccionados de soya sin ninguna fertilización nitrogenada, hecho que permite reducir los costos de producción (Valencia, 1999). Así mismo, es evidente que altas dosis de fuentes sintéticas de N en adición a la inoculación, pueden ejercer un efecto negativo sobre el proceso de nodulación reduciendo la eficiencia en la toma de nitrógeno atmosférico y afectando la productividad del cultivo (Salamanca, 2002).

2.5 SOYA ICA J-96 (*Bradyrhizobium japonicum*)

2.5.1 Biofertilizante

Son productos que contienen microorganismos capaces de transformar importantes elementos nutricionales que se encuentran en la naturaleza en formas no disponibles a formas que puedan ser asimiladas por las raíces de las plantas. Esto es posible gracias a que estos microorganismos, a través de los distintos procesos biológicos, o a su participación en la absorción y transporte de nutrientes ayudan a incrementar la productividad de los cultivos.

Con el uso de biofertilizantes se busca reducir costos de producción, mejorar la calidad de los cultivos y disminuir la contaminación de suelos causada por el uso excesivo de fertilizantes químicos.

2.5.2 Rhizobiol soya ICA J – 96. Es un biofertilizante sólido, que tiene más de 10^8 unidades formadoras de colonias (UFC) de la bacteria simbiótica fijadora de nitrógeno *Bradyrhizobium japonicum*, de la cepa ICA J – 96 la cual es específica para el cultivo de la soya.

2.5.3 Cualidades rhizobiol ICA J-96. En los llanos orientales donde el cultivo de la soya es tan importante, entre el 30% y el 50% de los costos de producción, son debidos a la necesidad de aplicar fertilizantes y enmiendas a los suelos. De estos costos, entre 30 y 80% son debidos a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Los biofertilizantes preparados con bacterias fijadoras simbióticas de nitrógeno, "rizobios" ofrecen grandes ventajas para los productores, debido principalmente a que permiten:

1. Sustitución de 100% de la fertilización nitrogenada.
2. Reducción de pérdidas de nutrientes por lavado, arrastre por erosión y volatilización.
3. Reducción de los costos de producción del cultivo entre 5 y 11%.
4. Aumento de la producción de soya, entre 300 y 1000 kg/ha.
5. Reducción en la contaminación ambiental.
6. Reducción de la dependencia con el mercado externo en la consecución de fertilizantes nitrogenados (Salamanca, 2002).

2.5.4 Ventajas de la cepa ICA J-96 de rhizobiol

Cepa evaluada en suelos de los llanos orientales, tanto en altillanura como en piedemonte, lo cual garantiza su efectividad en la región. Producto de CORPOICA, entidad que lleva más de 20 años investigando en biofertilizantes para leguminosas, lo cual respalda la calidad del producto. Cepa evaluada tanto en variedades tradicionales de soya (P-34) como en nuevas variedades de ciclo corto, específicamente generadas para altillanura. Permite la sustitución de hasta 150 kg de nitrógeno por hectáreas (300 kg de úrea).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo de campo se llevará a cabo en la Finca Las Acacias, vereda Santa Rosa, Municipio de Villavicencio en el Departamento del Meta. Las precipitaciones varían desde 2.000 mm a 6000 mm, la temperatura oscila entre 18 y 24 °C. el lote utilizado fue es el numero 2. (Figura 4)

Figura 4. Localización del lote utilizado.



FINCA:	Las Acacias
VEREDA:	Santa Rosa
MUNICIPIO:	Villavicencio
Lote 1	0,2250 hectáreas
Lote 2	11,2824 hectáreas
Lote 3	2,3097 hectáreas
Lote 4	1,7945 hectáreas
Lote 5	11,6711 hectáreas
Area Total	18,2827 Hectáreas

Fuente: Ing. Delgado.

3.2 MATERIALES

MATERIA VEGETAL, BIOLÓGICO Y NUTRICIONAL:

- Cepa *Bradyrhizobium japonicum*.J-01 (producto comercial rhizobiol j-01)
- Cepa *Bradyrhizobium japonicum* J-96 (producto comercial rhizobiol j-96)
- Semilla de soya variedades: P-34, Cimarrona, Supersoya
- Urea
- Kcl

3.3.1 Diseño experimental. Se empleó un diseño de bloques al azar de 4 repeticiones, con 3 tratamientos por variedad de soya.

V. Cimarrona:

- Tratamiento 1: Urea (Tabla 2)
- Tratamiento 2: cepa J-01
- Tratamiento 3: cepa J-96

V. P-34:

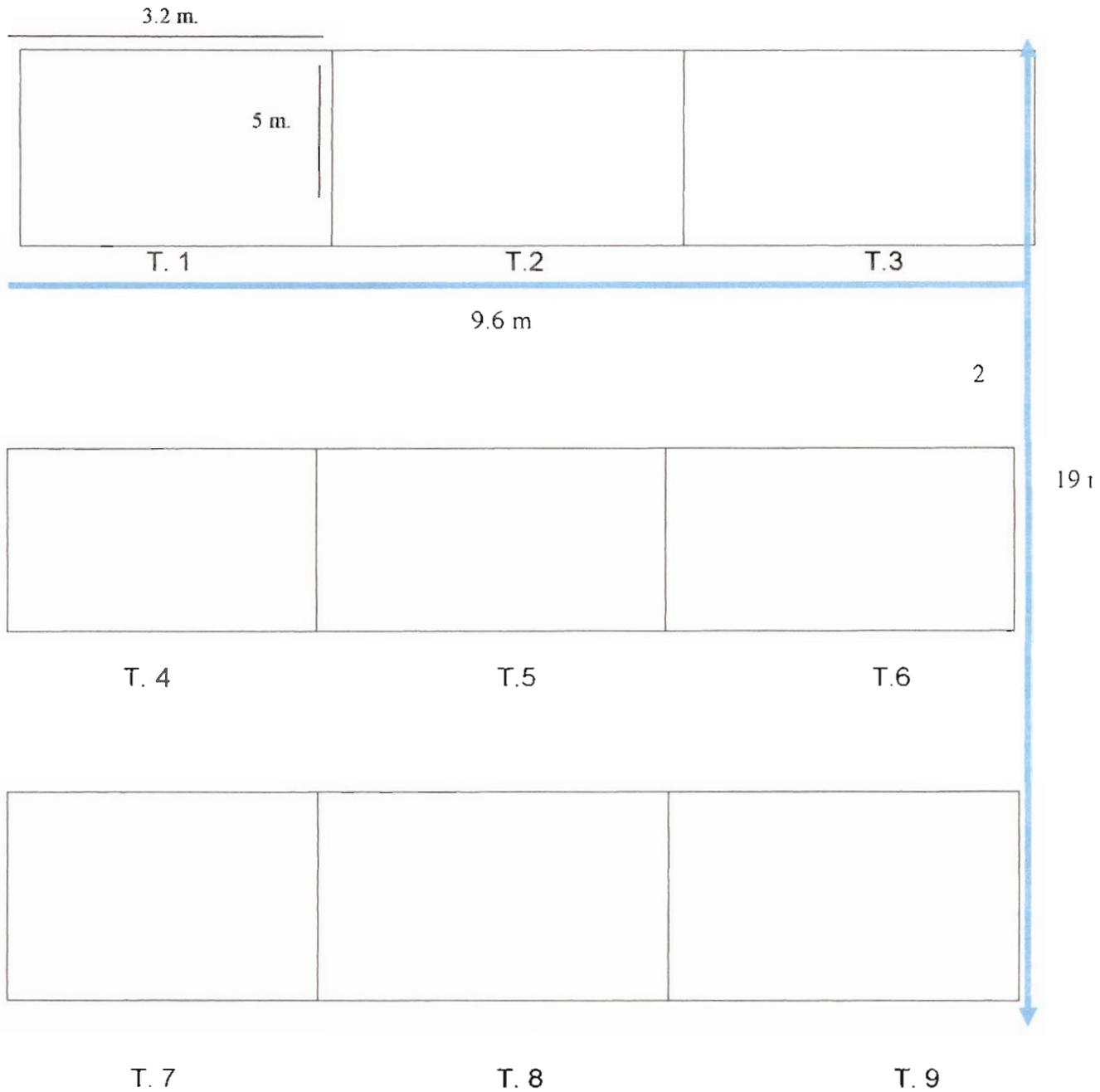
- Tratamiento 4: Urea (testigo)
- Tratamiento 5: cepa J-01
- Tratamiento 6: cepa J-96

V. Supersoya:

- Tratamiento 7: Urea
- Tratamiento 8: cepa J-01
- Tratamiento 9: cepa J-96

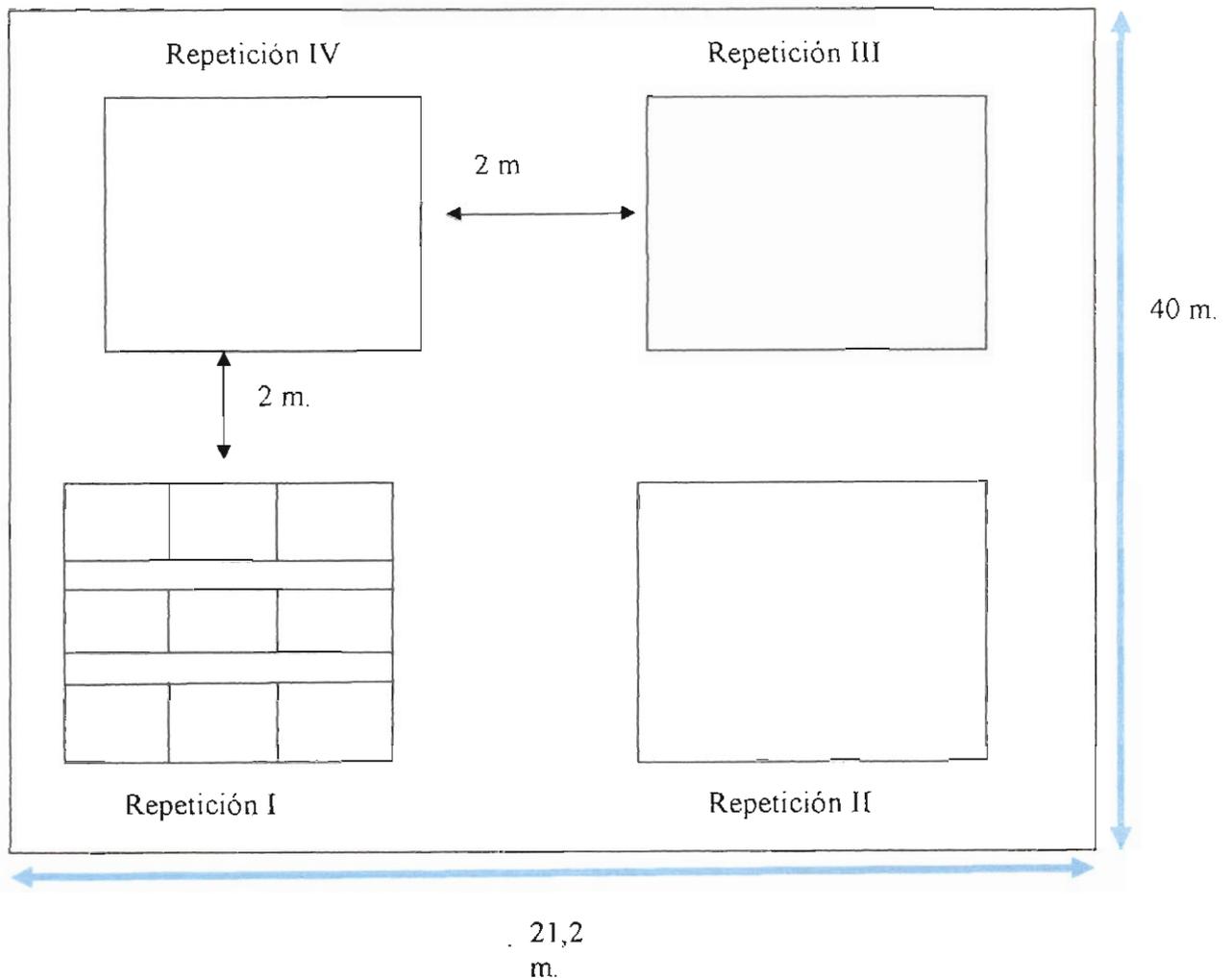
3.3.2 Diseño de campo. Se contó con área total de 840 m², aunque el área experimental fue de 576 m². En las páginas contiguas se aprecia el esquema de repetición utilizado (ver figura 5) y el esquema de toda el área de trabajo (ver figura 6).

Figura 5. Esquema de una repetición.



Fuente: Autores.

Figura 6. Esquema de toda el área de trabajo.



Fuente: Autores.

3.4 VARIABLES

3.4.1 Variables Independientes. CEPA DE *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-96 Y J-01, y las tres variedades de soya (Cimarrona, P-34 y supersoya).

3.4.2 Variables dependientes

- Número de nódulos
- Peso fresco
- Rendimiento

3.4.3 Variables intervinientes

- Temperatura
- Brillo solar
- Humedad atmosférica
- Precipitación

3.5 MANEJO AGRONÓMICO

3.5.1 Preparación del terreno. Debido a que el lote escogido no había sido sembrado en bastante tiempo y esta descansado Se realizó un pase de rastra como método de control de malezas inicial y roturación del suelo, un pase de pulidor para tratar de destruir los terrones grandes y garantizar una optima germinación.

Al empezar, se quemaron las malezas para evitar la competencia de estas con las plántulas de la leguminosa sembrada. Se hicieron los surcos de 10 a 15 cm de profundidad usando un azadón, y asegurándose de que se eliminaran las raíces de gramíneas en el área de siembra. Entre hileras se dio un espacio 0.50 m. y entre plantas se debió asegurar que hubiera de 15 a 20 plantas/metro.

3.5.2 Fertilización. En los tratamientos de alta disponibilidad de nitrógeno mineral se aplicó urea en una dosis de 150 kg/ha teniendo en cuenta el análisis de suelos realizado en el lote donde se ejecuta el proyecto como también se tiene en cuenta los requerimientos del cultivo de la soya obteniendo un plan de fertilización el cual se presenta en la tabla 2. Aclarando de esta forma la cantidad de fertilizante nitrogenado (11.52 kg) al igual que con los otros productos utilizados en toda el área experimental lo que permitirá una comparación en rendimiento con respecto a los otros tratamientos que presentan la aplicación del producto comercial rhizobiol j-01 y j-96. Se hicieron las aplicaciones en banda cada dos semanas. Se aplicó fósforo (P), potasio (K) y micronutrientes uniformemente en todos los tratamientos, y en dosis suficientes según los requerimientos locales. (Salamanca, 2002).

Tabla 2. Plan de fertilización finca Las Acacias (con base al análisis de suelo de la finca).

FUENTES	Cantidad/Ha	Cantidad/ área expe.	Cantidad/ parcela	Cantidad/ surco	Total surcos 250 surcos
Superfosfato triple (P₂O₅)	150 kg/Ha	11.52kg ≈ 15 kg	0.18 kg 180 gr	30 gr/surco	7.5 kg
KCl (potasio)	140 kg/Ha	10.75 ≈ 11kg	0.16 kg 16.8 gr	28 gr/surco fraccionar 14gr siembra 15 días dde 14 gr	7 kg
SULCAMAG	256 kg/Ha	19.6kg ≈ 20kg	307.2 kg 0.30 gr	51.2 gr/surco	12.8 kg
BOROZINCO	20 kg/Ha	1.5kg ≈ 2kg	0.025 kg 24 gr	4 gr/surco	1 kg
UREA (NITRÓGENO)	522 kg/Ha	40 kg	0.63 kg 626.4 gr	104.4 gr/surco	26.1 kg

Fuente: Autores.

3.5.3 Siembra. Para la siembra se escogió un día en que el suelo estuvo húmedo, y en que no estuviera lloviendo ni haciendo sol intenso. La semilla se sembró en el centro del surco a una tasa de siembra que proporcione de 15 a 20 plantas/m, la distancia entre surcos es de 5 cm. Fue importante tapar las semillas con un poco de suelo que se compacta bien con un implemento o con el pie para evitar que la lluvia las arrastrara.

3.5.4 Control de malezas. Las malezas se controlan manualmente o el caso de infestación y la población sean gramíneas mayormente utilizar un graminicida como Metribusina (Danir 48 sc) post-emergente.

3.5.5 Control de plagas y enfermedades. Se hizo un control de plagas y enfermedades de la forma como se realiza en la zona y dependiendo de los problemas fitosanitarios que se presentaron se tomaron las decisiones pertinentes en las aplicaciones.

3.5.6 Inoculación. La función de la inoculación es modificar la población de *rizobios* en el suelo y asegurar una mayor supervivencia de los mismos en la semilla y en el suelo, y para ello es necesario introducir una cepa (raza) seleccionada por su eficiencia, competitividad y adaptación a las condiciones agroclimáticas en los Llanos Orientales de Colombia.

El inoculante ICA J-96 es un producto sólido que contiene un alto número de rizo bacterias (10^8 rizobio.g-1 inoculante), de una cepa específica que suministra nitrógeno a la soya, en mezcla con lo que se ha denominado (turba), o sea un suelo con alto contenido de materia orgánica. La función del inoculante es permitir la supervivencia y la fácil manipulación de los *rizobios* para asociarlos con la leguminosa deseada.

En el proceso de inoculación se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones según los parámetros utilizados en CORPOICA:

- Inocular en la sombra para proteger a los *rizobios* de los rayos del sol y del calor.
- Preparar una solución de azúcar al 10%, es decir, 10 gramos de azúcar en 100 ml de agua.
- Depositar la semilla en un recipiente limpio (balde, caneca, mezcladora, bolsa plástica sobre lonas limpias).
- Agregar la solución de azúcar a la semilla, en proporción 1:2 (inóculo: solución de azúcar).
- Adicionar 5 gramos de inoculante específico para soya por cada kilo de semilla.
- Agitar fuertemente para que el inóculo se adhiera uniformemente a la semilla.
- Dejar secar la semilla a la sombra durante pocos minutos.
- Sembrar el mismo día de inoculación.
- Para suelos nativos (primera siembra) de la Altillanura colombiana se recomienda duplicar o triplicar la cantidad de inoculante por kg de semilla, es decir 10 o 15 g de inoculante por kilogramo de semilla.

3.5.7 Área de cosecha. Se hace la cosecha de los cuatro surcos centrales y se sacan las vainas por planta, de esta forma se puede calcular en Kg el rendimiento por Ha. Este procedimiento se realiza con cada uno de los materiales y las repeticiones pertinentes.

3.6 TOMA DE DATOS

5.6.1 Evaluación de nodulación. El número de nódulos por planta es el parámetro más importante por tal razón se cuentan individualmente en cada planta. Se recomienda examinar las raíces de 8 a 10 plantas, se excluye la última de cada surco y se extraen cuidadosamente las plantas siguientes, dejando la parte central de la parcela para las estimaciones de rendimiento. Antes de extraer

la planta se cava, con una pala, alrededor de ella: luego se separan cuidadosamente las raíces del suelo, y se examina bien el suelo para recuperar los nódulos desprendidos.

3.6.2 Evaluación en periodo de floración. En esa etapa (R2) las plantas alcanzan generalmente los niveles máximos en número y masa de los nódulos, momento en que se debe hacer la evaluación de nodulación. En este estado de desarrollo de las plantas es más difícil recuperar todo el sistema radical, por lo que se requiere mucha paciencia y cuidado.

3.6.3 Evaluación de rendimiento. La planta alcanza generalmente el máximo contenido de nitrógeno durante la etapa del llenado de vainas, antes de que las hojas caigan, las plantas pueden cosecharse en ese momento para evaluar la producción. En el trabajo de investigación se manejan tres variedades en donde se debe tener en cuenta en el momento de la evaluación de rendimiento la fenología de cada una la cual es específica y se representa en el estado R-8 la cual establece la madurez completa en donde el 95% de las vainas han alcanzado el color de las vainas maduras y se cosecha aproximadamente de 5-10 días después (95 – 115). La recolección de las vainas se realiza manualmente en cada uno de los tratamientos tomando diez plantas por cada parcela en donde se procede a embolsar, desgranar y pesar los granos de soya por planta y de esta forma determinar el rendimiento por variedad y tratamiento que se establece en el trabajo de investigación en campo. Con los datos arrojados en campo de cada una de las parcelas experimentales se procede a tabular y hacer análisis estadísticos para determinar con certeza la variedad y la cepa de mejor comportamiento y especificidad en las condiciones edafoclimáticas de piedemonte llanero específicas de la localidad que se desempeña el trabajo investigativo.

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos obtenidos en este trabajo se hizo la tabulación, luego fueron procesados y se realizó el análisis de varianza; mediante prueba de Tukey ($p: 0.05$) se hicieron comparación de medias, todo ello utilizando el programa SAS. Es de anotar que para determinar la existencia o no de diferencia significativa se tiene en cuenta lo siguiente:

- Cuando p es menor de 0.01 no existe diferencia significativa.
- Cuando p es igual o mayor a 0.01 y menor que 0.05 existe diferencia significativa.
- Cuando p es igual o superior a 0.05 existe diferencia altamente significativa.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se tendría en cuenta la variedad de soya para determinar el mejor comportamiento de las cepas en evaluación en cuanto número de nódulos, peso fresco y rendimiento.

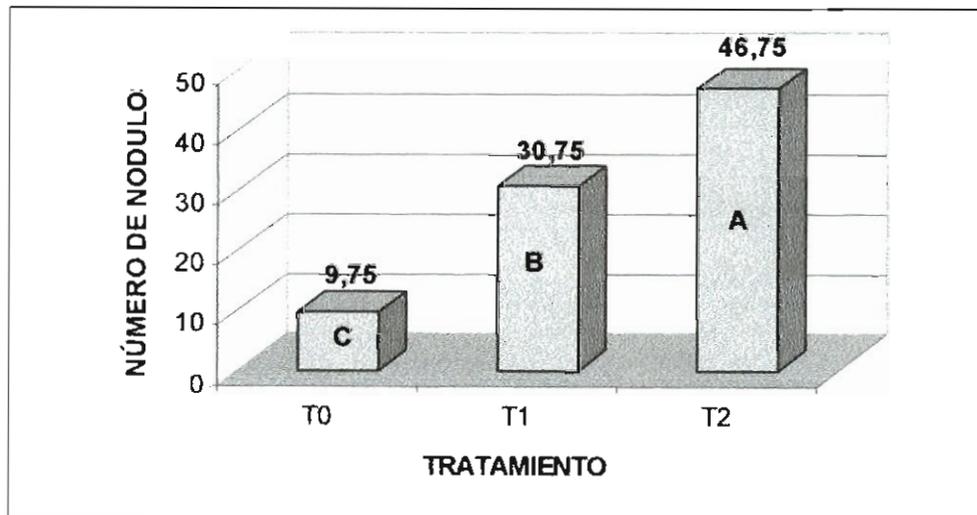
4.1 NÚMERO DE NÓDULOS

Los siguientes son los resultados de nodulación por variedad de soya:

4.1.1 Variedad Cimarrona

El análisis de varianza para la variable número de nodos en la variedad Cimarrona muestra que se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p: 0.01$) con un coeficiente de variación (CV) de 7.62% (ver anexo D, tabla 1).

Gráfica 1. Prueba de Tukey para la variable número de nódulos en la variedad Cimarrona.



Fuente: Los autores.

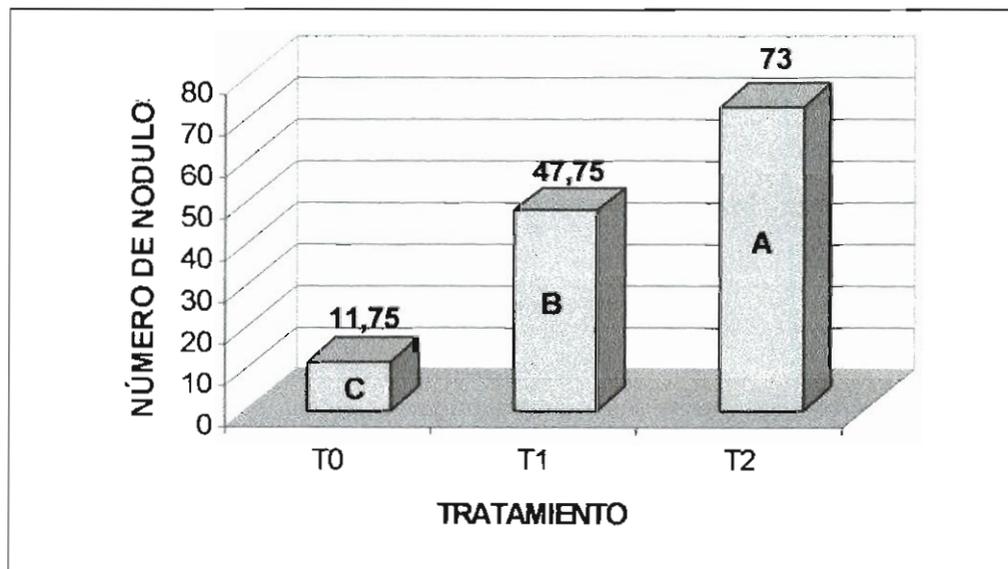
Así mismo, en los resultados de la prueba de Tukey (ver gráfica 1) se comprueba que entre tratamientos hubo diferencias altamente significativas ($p: 0.05$) durante el periodo de evaluación siendo el tratamiento 2 (cepa J-96) el de mayor número de nódulos (46.75) y el tratamiento 0 (testigo) el de menor presencia (9.75).

Estos resultados son contradictorios con los obtenidos por Salamanca (2009) en suelo de altillanura colombiana (tanto en sabana nativa como sabana mejorada), pues en ese estudio los tratamientos sólo alcanzaron diferencia significativa en sabana nativa frente al testigo, más en el presente estudio se encontró diferencia significativa entre todos tratamientos (T0, T1 y T2).

4.1.2 Variedad P-34

El análisis de varianza para la variable número de nódulos en la variedad de soja P-34 demostró que existe diferencias altamente significativas ($p: 0.01$) entre tratamientos.

Gráfica 2. Prueba de Tukey para la variable número de nódulos en la variedad P-34.



Fuente: Los autores.

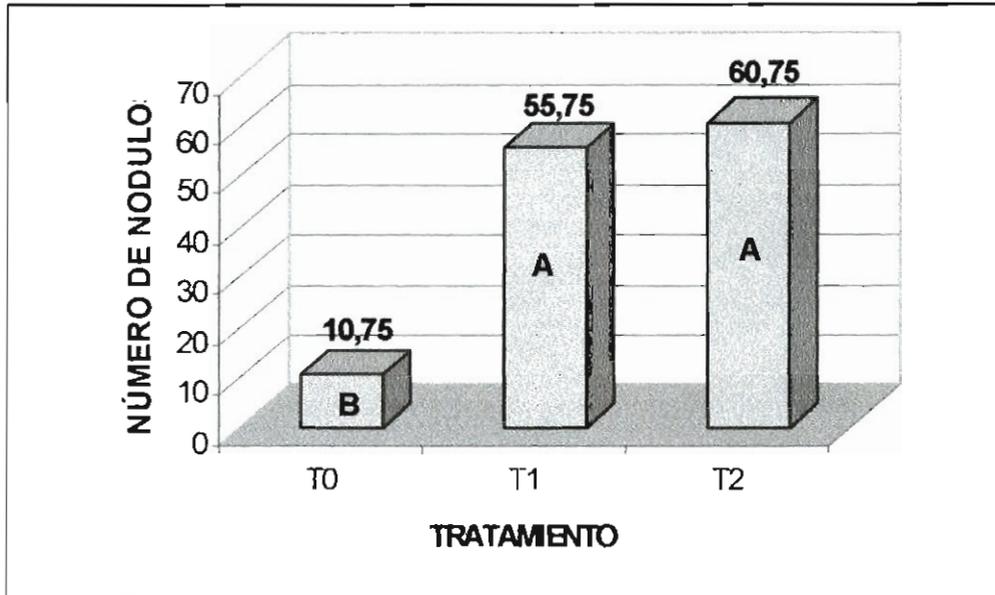
Al igual que en la variedad Cimarrona, la prueba multiparamétrica de Tukey indica que existió diferencia altamente significativa ($p: 0.05$) durante el periodo de evaluación, siendo el tratamiento 2 (cepa J-96) el de mayor número de nódulos (73) y el tratamiento 0 (testigo) el de menor presencia (11.75) (ver gráfica 2). Sin embargo en la variedad Soyica P-34 se obtuvo un mayor número de nódulos que los contados en la variedad Cimarrona.

Además, los resultados observados en Soyica P-34 son divergentes con los obtenidos por Salamanca (2009), pues existe diferencia significativa entre los tratamientos (T0, T1 y T2).

4.1.3 Variedad Supersoya

El análisis de varianza realizado a los datos obtenidos del conteo de los nódulos de la variedad Supersoya indican que existe varianza altamente significativa entre tratamientos (ver anexo D, tabla 3), con un coeficiente de variación del 7.54%.

Gráfica 3. Prueba de Tukey para la variable número de nódulos en la variedad Supersoya.



Fuente: Los autores.

A diferencia de los resultados obtenidos en las anteriores dos variedades de soya, la prueba de Tukey en la variedad Supersoya indicó que existe diferencia significativa entre los tratamientos inoculados con las cepas (J-96 y J-01) y el testigo (T0) con respecto al número de nódulos (ver gráfica 3).

Estos resultados son congruentes con los hallados por Salamanca (2009) en su estudio en suelo de altillanura colombiana, en la parte de sabana nativa, ya que en ese estudio sólo el testigo tuvo diferencia significativa con los tratamientos.

De acuerdo a esto resultados se evidencia que la cepa de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-96 posee mayor especificidad para número de nódulos en las tres variedades de soya en estudio, aunque obtuvo un mejor comportamiento en la Soyica P-34.

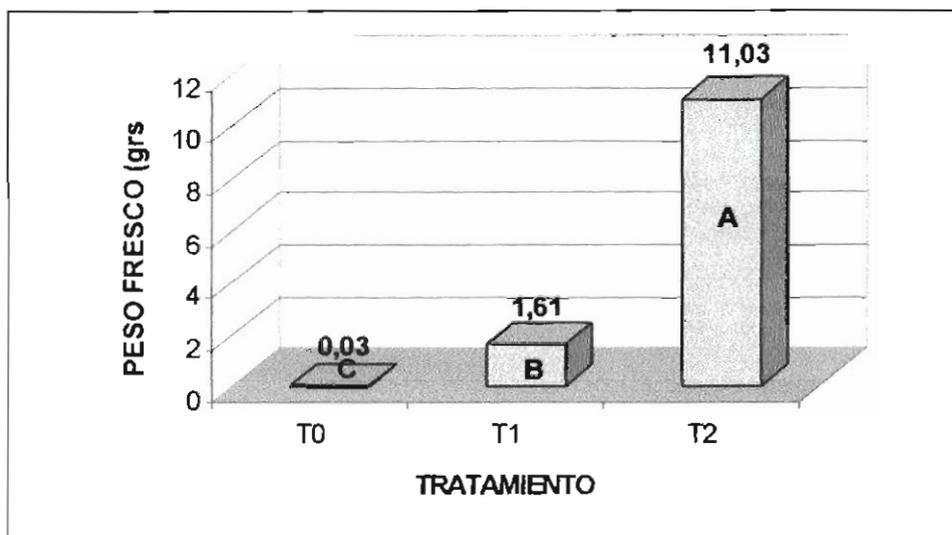
4.2 PESO FRESCO

Los siguientes son los resultados de peso fresco de los nódulos por variedad de soya:

4.2.1 Variedad Cimarrona

Como se aprecia en la tabla 6, el análisis de varianza para la variable peso fresco en la variedad Cimarrona halló diferencia significativa entre tratamientos ($p: 0.01$) con un coeficiente de variación (CV) de 5.21%.

Gráfica 4. Prueba de Tukey para la variable peso fresco en la variedad Cimarrona.



Fuente: Los autores.

Por su parte, los resultados de la prueba de Tukey, condensados en la gráfica 4, permiten apreciar que entre los tratamientos existe diferencia significativa, siendo el tratamiento inoculado con la cepa J-96 el de mayor promedio de peso fresco, alcanzando los 11.03 mgr. Es de anotar que los nódulos del tratamiento testigo llevaron a pesar 0.03 mgr y los de los tratados con la cepa J-01 pesaron en promedio 1.61 mgr. Por ello se puede inferir que la cepa J-96 genera nódulos de mayor peso fresco en la soya de variedad Cimarrona, lo cual incide en su la captación de nitrógeno y la producción de granos.

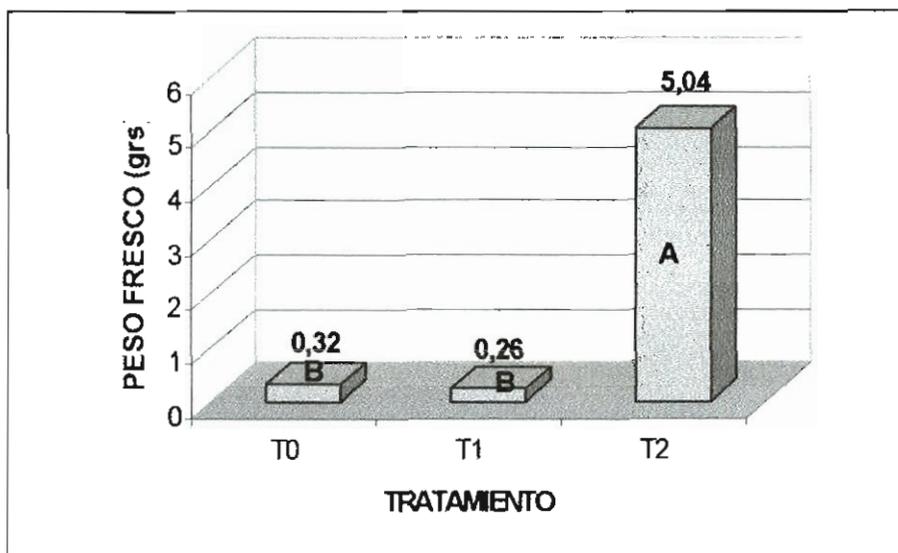
Es de anotar que no se halló ningún estudio que se pudieran comparar o relacionar con los resultados de peso fresco del nódulo en la soya, debido a la

inoculación con cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, por ello el presente estudio sirve de referencia para investigaciones futuras.

4.2.2 Variedad P-34

De acuerdo al ANAVA se halló diferencia significativa entre los tratamientos al estudiar la variable peso fresco en la variedad Soyica P-34, obteniendo un coeficiente de variación de 4.32% (ver anexo D, tabla 5).

Gráfica 5. Prueba de Tukey para la variable peso fresco en la variedad P-34.



Fuente: Los autores.

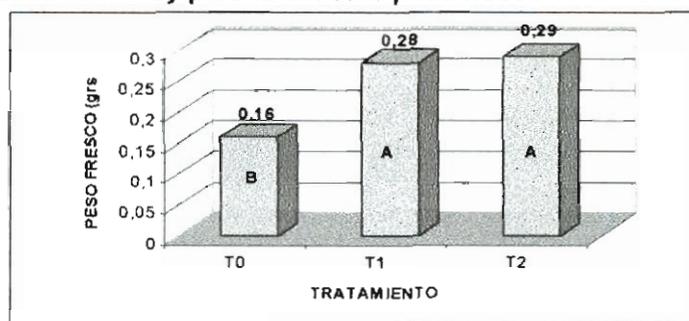
Así mismo, los resultados de la prueba de Tukey demuestran diferencia significativa entre el tratamiento 2 (J-96) y los demás tratamientos, pues presentó un mejor comportamiento para la generación de peso fresco de nódulos en la variedad Soyica P-34.

Es de anotar el mal comportamiento que tuvo la cepa J-01 (T1), pues el peso fresco promedio es menor que el obtenido por el tratamiento testigo (T0).

4.2.3 Variedad Supersoya

De acuerdo a los resultados condensados en la tabla 8, existe diferencia significativa entre los tratamientos en estudio para la variable peso fresco en la variedad Supersoya.

Gráfica 6. Prueba de Tukey para la variable peso fresco en la variedad Supersoya.



Fuente: Los autores.

Por su parte, los resultados de la prueba de Tukey indican que existe diferencia significativa entre los tratamientos con cepa (T1 y T2) y tratamiento testigo, sin embargo la diferencia no es mayor.

De acuerdo a los resultados se puede inferir que la cepa de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-96 obtuvo un mejor comportamiento en cuanto a peso fresco de nódulos, obteniendo mayor especificidad con la variedad Soyica P-34.

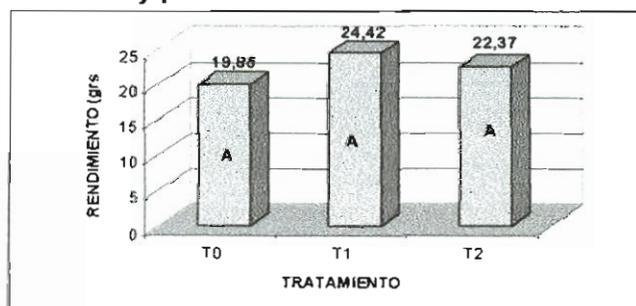
4.3 RENDIMIENTO

Evaluación de rendimiento en las diferentes variedades de soya (P-34, cimarrona y supersoya).

4.3.1 Variedad Cimarrona

De acuerdo a los resultados presentados en el anexo D, tabla 7 (Anava) no se halló diferencia significativa entre los tratamientos al analizar la variable rendimiento en la variedad de soya cimarrona.

Gráfica 7. Prueba de Tukey para la variable rendimiento en la variedad Cimarrona.



Fuente: Los autores.

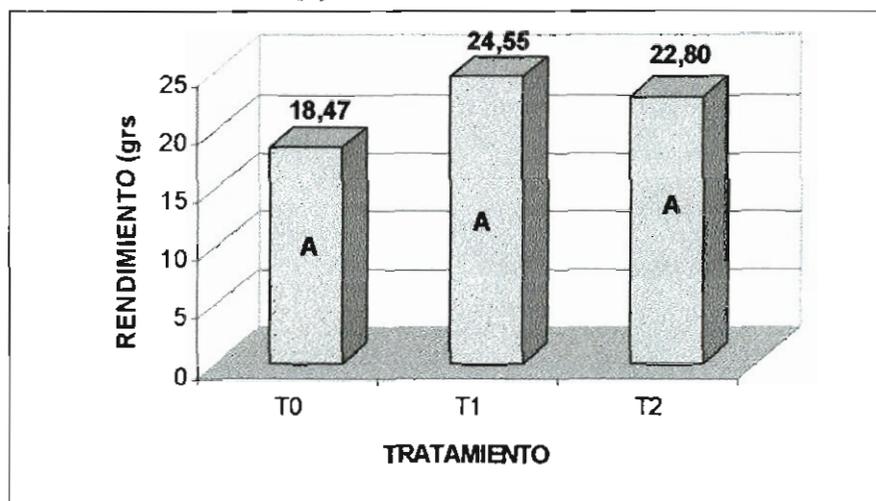
Los resultados del Anava fueron ratificados por la prueba multiparamétrica de Tukey, plasmados en la gráfica 7, pues todos los tratamientos se agrupan en el mismo rango (A). Sin embargo es de destacar que el tratamiento inoculado con la cepa J-01 (T1) fue el que mejor comportamiento obtuvo al alcanzar un rendimiento de 24.42 grs por planta, siendo mayor la producción que la cepa J-96 en un 9.16%.

Al igual que la anterior variable, no se halló algún estudio con datos que pudieran ser comparados o relacionados con los resultados de rendimiento de la variedad de soya cimarrona, y que fueran inoculados con cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, por ello el presente estudio se considera como exploratorio, siendo la base para futuras investigaciones.

4.3.2 Variedad P-34

Al igual que la variedad Cimarrona, en la variedad Soyica P-34 no se halló diferencia significativa entre los tratamientos en estudio, inclusive se alcanzó un coeficiente de varianza del 22.12% (ver anexo D, tabla 8).

Gráfica 8. Prueba de Tukey para la variable rendimiento en la variedad P-34.



Fuente: Los autores.

Además, a pesar que se alcanzó mayor producción en las plantas que fueron inoculadas con las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01, la prueba de

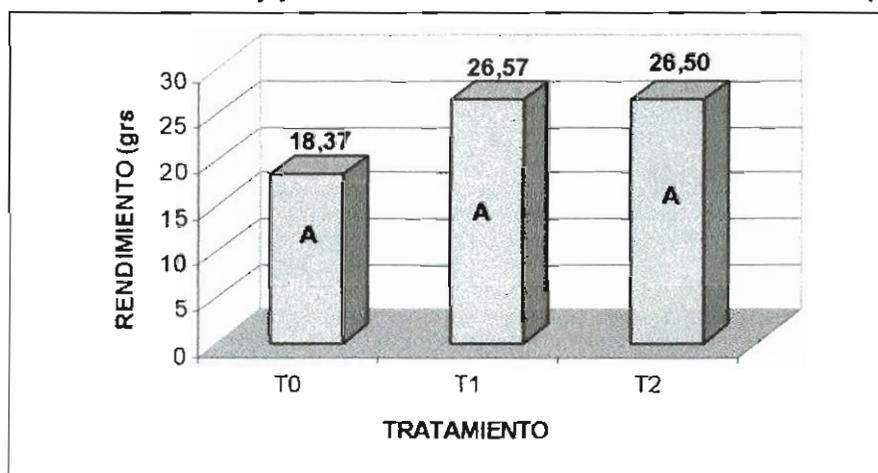
Tukey ratificó la inexistencia de varianza entre los tratamientos en la variedad Soyica P-34.

Sin embargo los tratamientos tuvieron mayor rendimiento que el testigo tratado con nitrógeno, superándolo hasta en el 32.9% (T1), dejando ver los beneficios de inocular la variedad soyica P-34 con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 y J-96.

4.3.3 Variedad Supersoya

Para finalizar, el análisis de varianza observado en el anexo D, tabla 9, muestra que se presentó diferencia no significativa entre los tratamientos evaluados, alcanzando un CV de 37.81%.

Gráfica 9. Prueba de Tukey para la variable rendimiento en la variedad Supersoya.



Fuente: Los autores.

Al igual que en las anteriores variedades de soya, la prueba de Tukey ratifica los datos hallados en el análisis de varianza, haciendo parte todos los tratamientos del mismo grupo A.

Así mismo, la cepa de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 alcanzó un mayor rendimiento que los otros tratamientos (T0 y T2), llegando hasta los 26.57 grs en promedio.

Estos resultados de rendimiento demuestran que a pesar de que las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA obtuvieron mayor rendimiento que el tratamiento a

base de nitrógeno (T0), en las tres variedades de soya objeto de estudio, no fue lo suficientemente alto para hallar diferencia significativa entre tratamientos en ninguna de las variedades.

Igualmente, es preciso destacar que la cepa de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 alcanzó un mejor comportamiento en cuanto a rendimiento en las tres variedades de soya estudiadas, aunque ligeramente por encima de la cepa J-96. Es de anotar que las tomas realizadas no permiten dar una razón científica a este comportamiento; sin embargo, por los conocimientos de los autores les permite inferir que estos resultados se pueden dar en relación a que el suelo donde se realizó el estudio tenía como condición fundamental de ser "suelo virgen", lo que significa que no se hubiera plantado nunca soya para evitar encontrar restos de cepas nativas de *Rhizobium*, las cuales pudieran afectar el estudio. Además, como la J-96 es una cepa nueva, que se encuentra en fase de adaptación a los suelos, pudo haberse presentado que las bacterias fijadoras de nitrógeno no se han naturalizado en el suelo y por tal motivo no van a ser efectivos sus nódulos impidiendo la fijación natural del nitrógeno, puesto que el suelo debe tener un proceso de colonización de estos organismos vivos para que suceda la interacción planta bacteria (Farnsworth, 1975).

5. CONCLUSIONES

- La cepa de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-96 presentó el mayor porcentaje de número de nódulos y peso fresco, obteniendo el mayor promedio de número de nódulos en la variedad Soyica P-34 (73 nódulos) y mayor peso fresco en la variedad Cimarrona (11.03 gr).
- En cuanto al rendimiento se presentó diferencia no significativa entre los tres tratamientos (T0, T1 y T2) debido a que el resultado comparativo entre las dos cepas y el testigo es casi el mismo, aunque los tratamientos inoculados con las cepas J-01 y J-96 tuvieron mayor rendimiento que el testigo (nitrógeno).
- La cepa de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 presentó mejor comportamiento en cuanto a rendimiento en las tres variedades de soya en comparación con la cepa en estudio (J-96), generando información de carácter económicamente viable para el sector agrícola.
- Las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA J-01 y J-96 aumentan la nodulación y el rendimiento de la soya en las variedades Cimarrona, Soyica P-34 y Supersoya en las condiciones de suelo en piedemonte llanero, disminuyendo los costos derivados de la aplicación de nitrógeno a base de urea.
- El proceso de naturalización de las cepas de *B. japonicum* en suelos nativos del piedemonte llanero evidencia que al ser un organismo vivo debe tener un periodo de colonización y de esta forma determinar la cepa y la variedad indicada para la zona.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer ensayos con nuevos materiales para identificar su especificidad. Se debe tener en cuenta la variable color de nódulo para establecer la nodulación efectiva por cepa de acuerdo a la variedad.
- Así mismo, se sugiere reproducir este estudio en suelos de piedemonte llanero donde las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* ICA (J-96 y J-01) se encuentren naturalizadas con el fin de observar posibles cambios.
- Se debe contar con un análisis completo (Físico, Químico y Biológico) y de esta forma poder evaluar con más argumentos técnicos la interacción de las cepas con la microbiota y disponibilidad de macro y micro elementos que en algún momento puedan ocasionar antagonismo representados en la producción.

BIBLIOGRAFÍA

BASTIDAS GILBERTO Y AGUDELO ORLANDO. 1994. El Cultivo de la soya. Manual de asistencia técnica No. 60. ICA-Corpoica. Palmira - Valle del Cauca, Colombia. 460 p.

CIAT. Manual de Métodos de evaluación, selección y manejo agronómico: Proyecto especial CIAT-UNDP de evaluación, selección y manejo de la simbiosis leguminosa-rizobio para aumentar la fijación de nitrógeno. Sección de Microbiología de Suelos del Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 1988. 178 p.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. 2000. Compatibilidad de uso de inoculante e fungicida, no tratamiento de semillas de soya. Londrina, Embrapa. Circular técnica/Embrapa-soya. 32 p.

CORPOICA. 2006. Manual Técnico No. 09: SOYA (*Glycine max* (L.) Merrill) Alternativa para los Sistemas de Producción de la Orinoquia Colombiana. Primera Edición. Transferencia de Tecnología, CORPOICA C.I. La Libertad. Villavicencio, Colombia. p. 152-170.

FERRERA CERRATO, R.; PÉREZ, M.J. 1995. Efecto de rizosfera. En: Agromicrobiología. Elemento útil en la agricultura sustentable. Proedaf. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. pp. 36-53.

FARNSWORTH, R.B. 1975. Nodulation and nitrogen fixation in shrubs. In: H.C. S'IULZ, ed. *Proc. symp. and workshop on wildland shrubs*. Brigham Young Univ. Press. Provo, Utah. pp: 32-7

LAEGREID, M.; BOCKMAN, OC.; KAARSTAD, E.O. 1999. The basis for food production plant nutrients. In: *Agriculture Fertilizers and the Environment*. Hydro, Cabi Publishing. ISBN O 851993583. Págs.

MALAVOLTA, E. 1999. Mineral Nutrition of Higher Plants: The first 150 years. In: *Soil Fertility, Soil Biology and Plant Nutrition Interrelationships*. Editores: José Oswaldo Siqueira et al. Vicosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, pp. 51-122.

MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A. 1993. Fertilización de cultivos en clima cálido. Editor. Guerrero R.R. pp. 253-168.

MOREIRA F., M.S.; SIQUEIRA, J.O. 2002. Microbiología e Bioquímica do solo. Historia, evolución y tendencias. Lavras, Brasil. EDU-UFLA. pp. 1-16.

MUNÉVAR, M.F.; RAMÍREZ, G.M. 1990. Uso correcto de inoculantes para soya. Cepas- ICA. ICA. Plegable Divulgativo No. 223. Bogotá.

MUNÉVAR, M.F. 1994. Inoculación de la soya. En: El cultivo de la soya. ICA-CORPOICA. Ministerio de Agricultura. Fondo de Oleaginosas de Ciclo Corto. Manual de asistencia técnica No. 60. pp. 53-63.

NAVAS RIOS, Gloria E., et al. Manual de asistencia N- 02: Tecnología para la producción de soya y usos alternativos en el piedemonte llanero. Nutrición y uso de los fertilizantes en el cultivo de soya. Programa Regional de Transferencia de Tecnología. Villavicencio, Colombia: CORPOICA Regional Ocho, 1998. 95 p.

NORMAN GEOFFEY. 1983. Fisiología, Mejoramiento, cultivo y utilización de la soya. Primera edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. Argentina, 247 p.

OROZCO PATIÑO, 1999. Francisco H. Biología del Nitrógeno: Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. 1ª Edición. Medellín, Colombia: Graficas Montoya, p. 137-153.

SALAMANCA S., C.R. 2002. La Biofertilización una alternativa económica para la nutrición de la soya en el Piedemonte Llanero. Boletín técnico No. 31. Publicación CORPOICAPRONATTA. 24 p.

SALAMANCA S., C.R. 2009. Eficiencia de cepas de *Bradyrhizobium* con las nuevas variedades de soya de CORPOICA para la altillanura colombiana. Publicación CORPOICA. 15 p.

VALENCIA R., R. A.; GARCÍA G., E. 2003. La soya en la Orinoquia. Variedades y aspectos económicos. Boletín técnico No. 43. CORPOICA - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - COAGRO. Villavicencio, Meta. 19 p.

VALENCIA R., R. A. 2006. Nuevas variedades de soya para la Orinoquia. CORPOICA Taluma 5. Documento seminario técnico. Mimeografiado. CORPOICA. Villavicencio, Meta.

VALENCIA R., R. A.; SEGURA P., S. M. 2004. CORPOICA LA LIBERTAD 4. Variedad de soya para los sistemas de producción de la Altillanura colombiana. Plegable divulgativo No. 40. Minagricultura - CORPOICA - COAGRO. Villavicencio - Meta.

Anexo A. Evidencia fotográfica.



Foto 1. Preparación del terreno.



Foto 2. Rayado manual del terreno para la siembra.

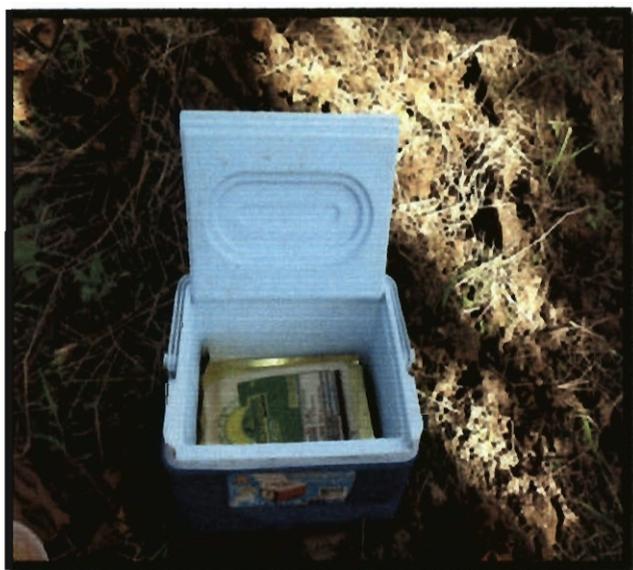


Foto 3. Cepas de *Bradirhizobium ica* J-01 e ica J-96 en refrigeración

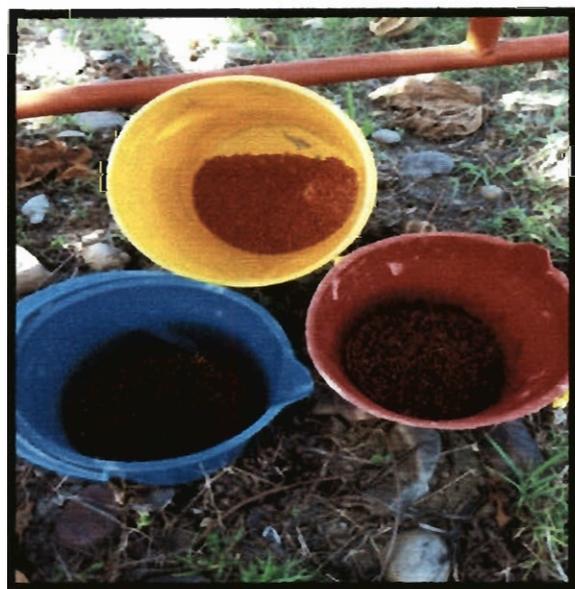


Foto 4. Inoculación de las semillas con la cepa Cepas de



Foto 5. Tapado de la semilla para garantizar la germinación.



Foto 6. Aplicación postemergente de herbicida (Metribuzina)



Foto 7. Germinación de las plantas de soya.



Foto 8. Plantas de soya 15 ddg.



Foto 9. Aplicación de insecticida para el manejo de crisomélidos.



Foto 10. Recolección de plantas para el conteo de nódulos.



Foto 11. Conteo y recolección de los nódulos.



Foto 12. Cosecha manual (recolección de las vainas de las plantas de soya).

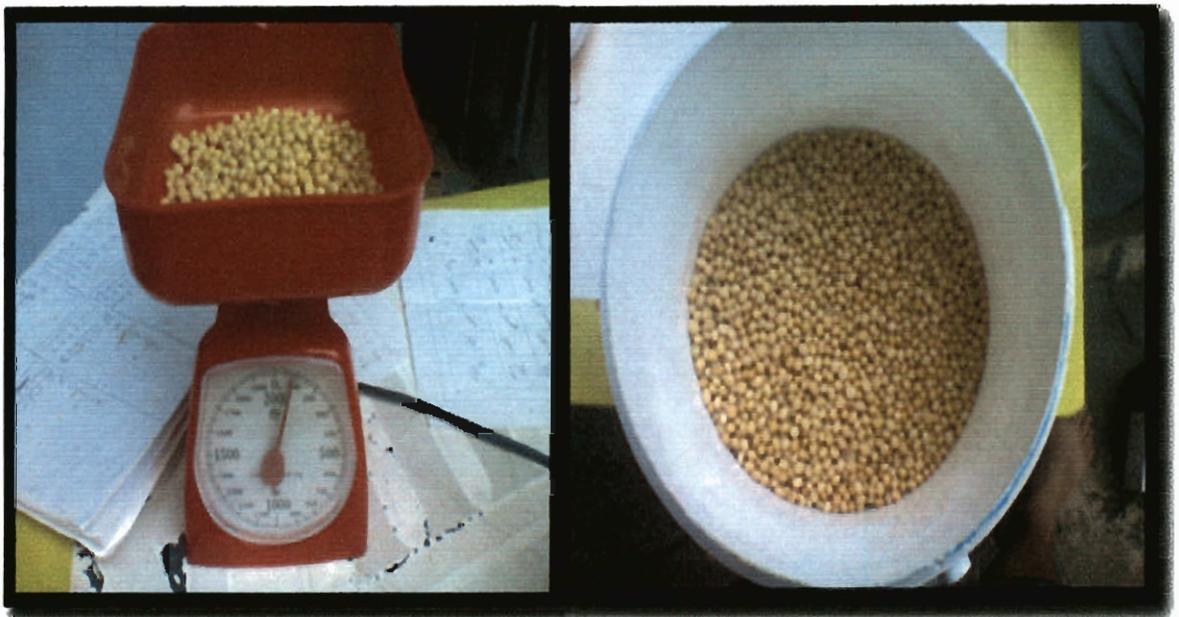


Foto 13. Toma de pesos de los granos de soya en las diferentes variedades.

Anexo B. Análisis químico de suelos.



INTERPRETACION ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS

SOLICITANTE: RICHARD JHON DELGADO NOMBRE FINCA: EL CAUDAL FECHA ANALISIS: Febrero 13 de 2010
 VEREDA: SANTA ROSA
 HT o CEDULA No: 79340216 MUNICIPIO: VILLAVICENCIO TELEFONO No: 315 8609716
 DIRECCION: CONJUNTO ARANGUES 2 CASA A4 DEPARTAMENTO: META E-MAIL: richardjhond@hotmail.com

No. Labor.	No. Mues.	Text.	pH	% M.O.	% C.O.	P mg/kg	Ac. Int.	Al. Int.	Ca	Mg	K	Na	S	Fe	B	Cu	Mn	Zn	
																			Cmol(+) /kg
373	El Caudal	F	4,5	1,6	0,9	7	0,5	0,3	1,39	0,25	0,11	0,11	5	162	0,22	3,8	28	5,0	
INTERPRETACION			Acido	Bajo	Bajo	Bajo			Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	
CONTENIDO EN EL SUELO				N Asimib		P.O.	%Sat Ac. Intc.		Ca	Mg	K								
kg / ha si la densidad aparente = 1,0				0,02		30	21		554	60	84								

No. Labor.	No. Mues.	Text.	pH	% M.O.	% C.O.	P mg/kg	Ac. Int.	Al. Int.	Ca	Mg	K	Na	S	Fe	B	Cu	Mn	Zn	
																			Cmol(+) /kg
374	Las Acacias	F	5,0	2,0	1,1	11	0,3	0,2	2,10	0,23	0,08	0,08	2	185	0,21	3,0	33	4,0	
INTERPRETACION			Moderadamente Acido	Medio	Medio	Bajo			Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	
CONTENIDO EN EL SUELO				N Asimib		P.O.	%Sat Ac. Intc.		Ca	Mg	K								
kg / ha si la densidad aparente = 1,0				0,03		52	11		838	56	66								

Feb 27 de 2010

Vs.Ba DIRECTORA LABORATORIO DE SUELOS

Ruth Quiroga Mantilla

Anexo C. Datos recopilados en campo.

REPETICIÓN 1

N-° Planta	J-01 Vs Cimarrona		J-01 Vs P-34		J-01 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	21	1,0836	51	0,357	70	0,3892
2	55	3,388	31	0,186	104	0,3588
3	34	1,4144	41	0,164	41	0,26896
4	41	2,9356	44	0,22	82	0,37392
5	39	2,34	79	0,474	32	0,14592
6	24	1,4664	67	0,536	57	0,25992
7	27	0,8802	54	0,378	63	0,28728
8	31	1,6616	45	0,18	77	0,35112
9	23	1,1868	62	0,186	81	0,36936
10	29	1,2064	47	0,188	45	0,2052
Promedio	32,4	1,7563	52,1	0,2869	65,2	0,300968

N-° Planta	J-96 Vs Cimarrona		J-96 Vs P-34		J-96 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	39	9,7422	93	6,41421	50	0,23235
2	26	6,7028	35	2,41395	52	0,298844
3	24	3,7632	80	5,5176	43	0,199821
4	66	16,4868	54	3,72438	65	0,42757
5	50	13,27	130	8,9661	48	0,209376
6	47	6,7304	84	5,79348	59	0,316653
7	52	14,378	47	3,24159	52	0,311272
8	58	14,3086	68	4,68996	46	0,213762
9	62	17,2856	78	5,37966	51	0,1914948
10	34	5,0932	89	6,13833	58	0,368126
Promedio	45,8	10,77608	75,8	5,227926	52,4	0,27692688

N-° Planta	N Vs Cimarrona		N Vs P-34		N Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	23	0,079396	15	0,38505	8	0,099456
2	11	0,048972	18	0,51246	11	0,248292
3	14	0,046508	19	0,50806	13	0,287599
4	9	0,039168	13	0,47502	16	0,90768
5	6	0,034068	11	0,35915	10	0,23421
6	10	0,02737	14	0,409276	6	0,0074592
7	9	0,021222	17	0,43639	11	0,0136752
8	8	0,028344	10	0,2754	8	0,0099456
9	11	0,037972	13	0,27625	12	0,0149184
10	16	0,03752	15	0,3084	11	0,0136752
Promedio	11,7	0,040054	14,5	0,3945456	10,6	0,18369106

REPETICIÓN 2

N-° Planta	J-01 Vs Cimarrona		J-01 Vs P-34		J-01 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	46	2,3736	66	0,462	54	0,30024
2	32	1,9712	52	0,312	73	0,25185
3	25	1,04	48	0,192	67	0,43952
4	27	1,9332	61	0,305	36	0,16416
5	31	1,86	34	0,204	37	0,16872
6	23	1,4053	58	0,464	95	0,4332
7	21	0,6846	43	0,301	49	0,22344
8	27	1,4472	29	0,116	84	0,38304
9	36	1,8576	71	0,213	28	0,12768
10	43	1,7888	34	0,136	63	0,28728
Promedio	31,1	1,63615	49,6	0,2705	58,6	0,277913

N-° Planta	J-96 Vs Cimarrona		J-96 Vs P-34		J-96 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	26	6,4948	81	5,58657	65	0,302055
2	37	9,5386	67	4,62099	58	0,333326
3	31	4,8608	88	6,06936	49	0,227703
4	59	14,7382	77	5,31069	74	0,486772
5	58	15,3932	85	5,86245	51	0,222462
6	46	6,5872	121	8,34537	57	0,305919
7	51	14,1015	37	2,55189	45	0,26937
8	48	11,8416	49	3,37953	59	0,274173
9	53	14,7764	53	3,65541	54	0,2027592
10	59	8,8382	57	3,93129	76	0,482372
Promedio	46,8	10,71705	71,5	4,931355	58,8	0,31069112

N-° Planta	N Vs Cimarrona		N Vs P-34		N Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	10	0,03452	7	0,17969	10	0,12432
2	8	0,035616	10	0,2847	9	0,203148
3	12	0,039864	14	0,37436	8	0,176984
4	6	0,026112	11	0,40194	11	0,62403
5	9	0,051102	9	0,29385	16	0,374736
6	11	0,030107	13	0,380042	8	0,0099456
7	7	0,016506	12	0,30804	11	0,0136752
8	10	0,03543	8	0,22032	13	0,0161616
9	12	0,041424	11	0,23375	16	0,0198912
10	7	0,016415	15	0,3084	10	0,012432
Promedio	9,2	0,0327096	11	0,2985092	11,2	0,15753236

REPETICIÓN 3

N-° Planta	J-01 Vs Cimarrona		J-01 Vs P-34		J-01 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	21	1,0836	28	0,196	59	0,32804
2	25	1,54	68	0,408	59	0,20355
3	23	0,9568	34	0,136	42	0,27552
4	35	2,506	45	0,225	68	0,31008
5	19	1,14	46	0,276	72	0,32832
6	23	1,4053	42	0,336	59	0,26904
7	27	0,8802	32	0,224	32	0,14592
8	42	2,2512	26	0,104	82	0,37392
9	36	1,8576	37	0,111	43	0,19608
10	41	1,7056	42	0,168	48	0,21888
Promedio	29,2	1,53263	40	0,2184	56,4	0,264935

N-° Planta	J-96 Vs Cimarrona		J-96 Vs P-34		J-96 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	52	12,9896	75	5,17275	42	0,195174
2	47	12,1166	75	5,17275	48	0,275856
3	57	8,9376	79	5,44863	52	0,241644
4	47	11,7406	85	5,86245	48	0,315744
5	52	13,8008	105	7,24185	73	0,318426
6	58	8,3056	73	5,03481	65	0,348855
7	62	17,143	69	4,75893	69	0,413034
8	34	8,3878	41	2,82777	53	0,246291
9	56	15,6128	51	3,51747	42	0,1577016
10	41	6,1418	78	5,37966	36	0,228492
Promedio	50,6	11,51762	73,1	5,041707	52,8	0,27412176

N-° Planta	N Vs Cimarrona		N Vs P-34		N Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	11	0,037972	14	0,35938	13	0,161616
2	9	0,040068	8	0,22776	11	0,248292
3	7	0,023254	11	0,29414	8	0,176984
4	12	0,052224	12	0,43848	10	0,5673
5	8	0,045424	10	0,3265	6	0,140526
6	10	0,02737	9	0,263106	9	0,0111888
7	11	0,025938	12	0,30804	12	0,0149184
8	9	0,031887	10	0,2754	11	0,0136752
9	7	0,024164	6	0,1275	13	0,0161616
10	10	0,02345	8	0,16448	8	0,0099456
Promedio	9,4	0,0331751	10	0,2784786	10,1	0,13606076

REPETICIÓN 4

N-° Planta	J-01 Vs Cimarrona		J-01 Vs P-34		J-01 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	19	0,9804	68	0,476	63	0,35028
2	23	1,4168	34	0,204	77	0,26565
3	27	1,1232	32	0,128	81	0,53136
4	35	2,506	26	0,13	37	0,16872
5	19	1,14	48	0,288	95	0,4332
6	23	1,4053	61	0,488	49	0,22344
7	55	1,793	67	0,469	68	0,31008
8	34	1,8224	54	0,216	72	0,32832
9	36	1,8576	45	0,135	59	0,26904
10	43	1,7888	51	0,204	32	0,14592
Promedio	31,4	1,58335	48,6	0,2738	63,3	0,302601

N-° Planta	J-96 Vs Cimarrona		J-96 Vs P-34		J-96 Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	58	13,2124	54	3,72438	47	0,218409
2	46	7,2588	119	8,20743	57	0,327579
3	51	7,9968	84	5,79348	49	0,227703
4	56	13,9888	47	3,24159	46	0,302588
5	34	9,0236	41	2,82777	53	0,231186
6	56	8,0192	51	3,51747	48	0,257616
7	41	31,365	78	5,37966	73	0,436978
8	39	9,6213	88	6,06936	65	0,302055
9	26	7,2488	77	5,31069	69	0,2590812
10	24	3,5952	85	5,86245	85	0,539495
Promedio	43,1	11,13299	72,4	4,993428	59,2	0,31026902

N-° Planta	N Vs Cimarrona		N Vs P-34		N Vs Supersoya	
	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco	N-° de Nódulos	Peso Fresco
1	11	0,037972	10	0,2567	8	0,099456
2	9	0,040068	14	0,39858	7	0,158004
3	7	0,023254	11	0,29414	11	0,243353
4	10	0,04352	10	0,3654	16	0,90768
5	9	0,051102	9	0,29385	8	0,187368
6	11	0,030107	12	0,350808	11	0,0136752
7	7	0,016506	11	0,28237	13	0,0161616
8	10	0,03543	14	0,38556	16	0,0198912
9	9	0,031068	17	0,36125	9	0,0111888
10	8	0,01876	10	0,2056	12	0,0149184
Promedio	9,1	0,0327787	11,8	0,3194258	11,1	0,16716962

**RENDIMIENTO (grs)
REPETICIÓN 1**

N-° Planta	Cimarrona			P-34			Supersoya		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	20	30	10	23	20	8	12	30	13
2	10	50	22	20	21	7	30	31	12
3	10	20	25	27	20	9	10	55	10
4	40	20	40	32	20	11	8	32	21
5	18	25	22	30	19	7	7	65	15
6	22	30	21	29	21	10	8	46	14
7	18	27	26	31	20	7	13	35	11
8	16	31	23	21	22	9	16	37	13
9	12	35	28	25	20	12	14	46	16
10	11	28	18	22	21	8	9	35	12
Prome	17,7	29,6	23,5	26	20,4	8,8	12,7	41,2	13,7

REPETICIÓN 2

N-° Planta	Cimarrona			P-34			Supersoya		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	28	25	29	20	28	21	29	23	22
2	20	26	30	27	25	20	20	25	15
3	19	29	29	22	35	32	19	13	19
4	21	25	35	20	38	30	20	20	20
5	35	20	29	20	29	20	19	35	22
6	26	20	31	22	28	29	20	22	16
7	28	24	28	21	31	21	21	25	20
8	20	27	30	20	33	25	19	16	18
9	22	21	27	19	30	26	21	19	21
10	24	22	32	20	31	24	20	22	17
Prome	24,3	23,9	30	21,1	30,8	24,8	20,8	22	19

REPETICIÓN 3

N-° Planta	Cimarrona			P-34			Supersoya		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	21	30	15	22	29	23	45	31	28
2	18	12	16	20	28	20	32	20	20
3	19	19	15	27	20	23	32	21	15
4	19	22	18	19	20	15	31	20	16
5	19	30	20	25	29	18	50	18	21
6	18	15	18	22	23	19	42	22	19
7	20	20	17	20	19	22	35	24	20
8	17	25	19	19	22	21	32	26	22
9	18	24	21	23	25	17	35	21	25
10	19	27	20	26	21	23	31	19	21
Prome	18,8	22,4	17,9	22,3	23,6	20,1	36,5	22,2	20,7

REPETICIÓN 4

N-° Planta	Cimarrona			P-34			Supersoya		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	21	29	14	22	28	20	48	30	26
2	18	10	17	20	26	23	30	21	21
3	17	17	16	25	18	21	31	22	16
4	19	21	17	23	23	17	28	19	18
5	20	31	23	24	27	19	52	19	18
6	17	16	21	20	21	21	44	20	21
7	20	19	16	19	21	23	35	21	22
8	17	24	17	19	22	21	31	20	18
9	18	23	22	21	24	15	33	19	22
10	19	28	18	25	24	22	28	18	19
Prome	18,6	21,8	18,1	21,8	23,4	20,2	36	20,9	20,1

Anexo D. Datos análisis de varianza.

Tabla 1. Análisis de varianza de número de nódulos en la variedad Cimarrona.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	2754.666667	1377.333333	280.14 *
Error	9	44.250000	4.916667	
Total	11	2798.916667		

*: Diferencia significativa
CV: 7.62%

Fuente: Los autores.

Tabla 2. Análisis de varianza de número de nódulos en la variedad P-34.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	7580.166667	3790.083333	317.31**
Error	9	107.500000	11.944444	
Total	11	7687.666667		

**: Altamente significativo
CV: 7.82%

Fuente: Los autores.

Tabla 3. Análisis de varianza de número de nódulos en la variedad Supersoya.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	6066.666667	3033.333333	295.93**
Error	9	92.250000	10.250000	
Total	11	6158.916667		

**: Altamente significativo
CV: 7.54%

Fuente: Los autores.

Tabla 4. Análisis de varianza de peso fresco en la variedad Cimarrona.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	2754.666667	1377.333333	280.14 *
Error	9	44.250000	4.916667	
Total	11	2798.916667		

*: Diferencia significativa
CV: 5.21%

Fuente: Los autores.

Tabla 5. Análisis de varianza de peso fresco en la variedad P-34.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	60.32608317	30.16304158	4585.17*
Error	9	0.05920550	0.00657839	
Total	11	60.38528867		

*: Diferencia significativa
CV: 4.32%

Fuente: Los autores.

Tabla 6. Análisis de varianza de peso fresco en la variedad Supersoya.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	0.04403817	0.02201908	58.21*
Error	9	0.00340450	0.00037828	
Total	11	0.04744267		

*: Diferencia significativa
CV: 7.89%

Fuente: Los autores.

Tabla 7. Análisis de varianza de rendimiento en la variedad Cimarrona.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	42.0116667	21.0058333	1.16 ^{NS}
Error	9	162.8450000	18.0938889	
Total	11	204.8566667		

NS: Diferencia no significativa
CV: 19.14%

Fuente: Autores.

Tabla 8. Análisis de varianza de rendimiento en la variedad P-34.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	78.2316667	39.1158333	1.66 ^{NS}
Error	9	212.1175000	23.5686111	
Total	11	290.3491667		

NS: Diferencia no significativa
CV: 22.12%

Fuente: Los autores.

Tabla 9. Análisis de varianza de rendimiento en la variedad Supersoya.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	2	177.6816667	88.8408333	1.10 ^{NS}
Error	9	729.7950000	81.1083333	
Total	11	907.6566667		

NS: Diferencia no significativa
CV: 37.81%

Fuente: Los autores.