

ESTUDIO DE LA INTERACCION SUELO PLANTA RESULTANTE DE LA
ADICION DE MATERIALES ORGANICOS EN CULTIVARES
DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN UN OXISOL DE LA
ORINOQUIA COLOMBIANA

JOSE EURIPIDES BAQUERO PEÑUELA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE POSTGRADO

Santa fé de Bogotá

2002

20265

BAC.

**ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN SUELO PLANTA RESULTANTE DE LA
ADICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS EN CULTIVARES
DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN UN OXISOL DE LA
ORINOQUIA COLOMBIANA**

JOSÉ EURIPIDES BAQUERO PEÑUELA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
Santa fe de Bogotá
2002**

**ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN SUELO PLANTA RESULTANTE DE LA
ADICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS EN CULTIVARES
DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN UN OXISOL DE LA
ORINOQUIA COLOMBIANA**

JOSÉ EURIPIDES BAQUERO PEÑUELA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
Santa fe de Bogotá
2002**

**ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN SUELO PLANTA RESULTANTE DE LA
ADICIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS EN CULTIVARES
DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN UN OXISOL DE LA
ORINOQUIA COLOMBIANA**

JOSÉ EURIPIDES BAQUERO PEÑUELA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS. Con énfasis en suelos,**

Directora:

**LEYLA AMPARO ROJAS
Química PhD CORPOICA.**

Codirector:

**RICARDO GUERRERO R.
Ingeniero Agrónomo Msc. Profesor Asociado Universidad Nacional de
Colombia. Santa fe de Bogotá.**

Colaboradores:

**Ricardo Martinez (Profesor asociado U.N.)
Juan Ospina (Profesor asociado U.N.)**

**Santa fe de Bogotá
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
2002**

Nota de Aceptación

Aprobado

Ramirez

Presidente del jurado

Angelo Pijo

Jurado

[Signature]

Jurado

Bogotá. 2002.

**Al todo poderoso por la posibilidad de poder
cumplir una nueva etapa en mi vida**

**A mi esposa Ana Cristina, por toda la fortaleza
y cariño que siempre me brindó en todo
momento.**

**A mis hijos Harold, José Eduardo y Anamaría,
Porque siempre han sido mi inspiración y mi
soporte.**

**A mi madre, por sus bendiciones desde el
cielo.**

**A mi familia, por su interés y apoyo en
momentos difíciles.**

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo expresa sus agradecimientos muy especiales a aquellas personas que, de manera decidida, colaboraron con el desarrollo y culminación del trabajo.

A las directivas de CORPOICA, Regional 8, por su gran apoyo para la realización de mis estudios de posgrado.

A todo el personal Operativo, asistente y profesional de la Regional 8 de CORPOICA, por su esfuerzo y apoyo en la ejecución y desarrollo del proyecto en todas sus fases.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y al equipo de profesores que me colaboraron y dejaron imborrables huellas de sabiduría con sus enseñanzas durante mi estudio.

A todos los miembros Nacionales e Internacionales del proyecto INCO, el cual aportó los recursos con los cuales se desarrolló el proyecto.

A mis directores, Dra. LEYLA AMPARO ROJAS Y RICARDO GUERRERO RIASCOS, por su acertada dirección.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| 1.0. RESUMEN | 1 |
| 2.0. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 3.0. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 3.1. Aspectos generales de los suelos de la Orinoquia Colombiana | 5 |
| 3.2. Efectos tóxicos del aluminio | 6 |
| 3.3. Prácticas para reducir la toxicidad de aluminio | 8 |
| 3.4. Uso de la materia orgánica como correctivo de la acidez del suelo | 9 |
| 3.5. Uso de variedades tolerantes al Al en suelos ácidos. | 10 |
| 4.0. OBJETIVOS | 13 |
| 4.1. General | 13 |
| 4.2. Específicos | 13 |
| 5.0. MATERIALES Y METODOS | 14 |
| 5.1. Localización | 14 |
| 5.2. Materiales | 14 |
| 5.2.1. Materiales Orgánicos | 14 |
| 5.2.2. Dosis de Cal | 14 |
| 5.2.3. Dosis de P | 15 |
| 5.2.4. Variedades de maíz | 15 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.3. | Metodología de campo | 17 |
| 5.4. | Variables evaluadas | 18 |
| 5.4.1. | Contenido de nutrientes en el suelo | 18 |
| 5.4.2. | Contenidos de nutrientes en raíz | 18 |
| 5.4.3. | Concentración de nutrientes en tejido foliar | 18 |
| 5.4.4. | Variables agronómicas y fisiológicas | 19 |
| 5.5. | Diseño experimental y análisis estadístico | 19 |
| 6.0. | RESULTADOS Y DISCUSION | 21 |
| 6.1. | Contenido de nutrientes en el suelo | 21 |
| 6.2. | Absorción de nutrientes por la raíz | 50 |
| 6.3. | Concentración foliar de nutrientes | 67 |
| 6.4. | Variables agronómicas | 90 |
| 7.0. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 122 |
| 8.0. | BIBLIOGRAFÍA | 124 |
| 9.0. | ANEXOS | 136 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Características químicas del Oxisol de terraza alta del Piedemonte Llanero donde se realizó el experimento | 15 |
| Tabla 2. Características generales de los materiales orgánicos Estudiados | 16 |
| Tabla 3. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en el suelo con la siembra de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a. | 23 |
| Tabla 4. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en el suelo con la siembra de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 24 |
| Tabla 5. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en la raíz de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a. | 51 |
| Tabla 6. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en la raíz de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 51 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 7. | Análisis de componentes principales para la concentración foliar de nutrientes de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a. | 68 |
| Tabla 8. | Análisis de componentes principales para la concentración foliar de nutrientes de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 68 |
| Tabla 9 | Análisis de componentes principales para las variables agronómicas de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a | 92 |
| Tabla 10. | Análisis de componentes principales para las variables agronómicas de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b | 93 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el aluminio unido a la materia orgánica en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 27 |
| Figura 2. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de P en el suelo (mg.Kg^{-1}) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 29 |
| Figura 3. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el pH del suelo en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 31 |
| Figura 4. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Al en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 32 |
| Figura 5. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de materia orgánica en el suelo (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 34 |
| Figura 6. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la capacidad de intercambio catiónico (CICE) ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 36 |

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 7. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Ca en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 37 |
| Figura 8. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mg en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 39 |
| Figura 9. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de K en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 41 |
| Figura 10. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Fe en el suelo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 42 |
| Figura 11. | efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Cu en el suelo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 44 |
| Figura 12. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mn en el suelo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 45 |
| Figura 13. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Zn en el suelo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 47 |
| Figura 14. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de P en la raíz (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 53 |

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 15. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Ca en la raíz (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 55 |
| Figura 16. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mg en la raíz (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 56 |
| Figura 17. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de K en la raíz (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 57 |
| Figura 18. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Fe en la raíz (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 58 |
| Figura 19. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Cu en la raíz (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 60 |
| Figura 20. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mn en la raíz (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 61 |
| Figura 21. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Zn en la raíz (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 63 |
| Figura 22. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de N en la raíz (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 64 |

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 23. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Al en la raíz (mg.kg^{-1}) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 65 |
| Figura 24. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de N (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 70 |
| Figura 25. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración de Al foliar (mg.kg^{-1}) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 73 |
| Figura 26. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de P (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 74 |
| Figura 27. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de calcio (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 76 |
| Figura 28. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Mg (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 78 |
| Figura 29. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de K (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 80 |
| Figura 30. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Fe (mg.kg^{-1}) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 82 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 31. | Efecto De Materiales Orgánicos, Dosis De Cal Y Fósforo Sobre La concentración foliar de Cu (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 83 |
| Figura 32. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Mn (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 85 |
| Figura 33. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Zn (mg.kg ⁻¹) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 87 |
| Figura 34. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la altura de planta (cm/pl) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 95 |
| Figura 35. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el volumen de raíz (cm ³ /pl) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 96 |
| Figura 36. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la biomasa de hojas (g/pl) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 99 |
| Figura 37. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la biomasa de tallos (g/pl) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 101 |
| Figura 38. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la biomasa de raíz (g/pl) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 102 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 39. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el área foliar (cm ² /pl) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 105 |
| Figura 40. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo el rendimiento de grano (Kg/Ha) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 107 |
| Figura 41. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la sobrevivencia de plantas a los 5 d.d.e (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.. | 110 |
| Figura 42. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre La sobrevivencia de plantas a los 15 d.d.e (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 112 |
| Figura 43. | Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la sobrevivencia de plantas a los 25 d.d.e (%) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 115 |

ANEXOS

| | Pág |
|---|-----|
| Anexo 1. Características estadísticas de los contenidos de nutrientes en el suelo con la siembra de tres genotipos de maíz en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a | 136 |
| Anexo 2. Características estadísticas de los contenidos de nutrientes en el suelo con la siembra de tres genotipos de maíz en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 137 |
| Anexo 3. Significancia estadística obtenida para contenido de nutrientes en el suelo en los tratamientos sobre uso de materiales orgánicos dosis de cal y fósforo en tres variedades de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 139 |
| Anexo 4. Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con los cultivares de maíz utilizados en el semestre 1997a. | 140 |
| Anexo 5. Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con los cultivares de maíz utilizados en el semestre 1997b. | 140 |
| Anexo 6. Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con las fuentes de materia orgánica utilizadas en el semestre 1997a. | 140 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Anexo 7. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con las fuentes de materia orgánica utilizadas en el semestre 1997b. | 140 |
| Anexo 8. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con las dosis de cal utilizadas en el semestre 1997a. | 141 |
| Anexo 9. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con las dosis de cal utilizadas en el semestre 1997b. | 141 |
| Anexo 10. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con las dosis de fósforo utilizadas en el semestre 1997a. | 141 |
| Anexo 11. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en el suelo de acuerdo con las dosis de fósforo utilizadas en el semestre 1997b. | 141 |
| Anexo 12. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenidos para el contenido de nutrientes en el suelo con el uso de materiales orgánicos, dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997a. | 142 |
| Anexo 13. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenidos para el contenido de nutrientes en el suelo con el uso de materiales orgánicos, dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997b. | 144 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Anexo 14. | Características estadísticas de los contenidos de nutrientes en la raíz de tres genotipos de maíz en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a. | 146 |
| Anexo 15. | Características estadísticas de los contenidos de nutrientes en la raíz de tres genotipos de maíz en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 146 |
| Anexo 16. | Significancia estadística obtenida para el contenido de nutrientes en raíz en los tratamientos sobre uso de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo en tres variedades de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 147 |
| Anexo 17. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con los tres cultivares de maíz utilizados durante el semestre 1997a. | 148 |
| Anexo 18. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con los tres cultivares de maíz utilizados durante el semestre 1997b. | 148 |
| Anexo 19. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con las tres fuentes orgánicas utilizados durante el semestre 1997a. | 148 |
| Anexo 20. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con las tres fuentes orgánicas utilizados durante el semestre 1997b. | 148 |
| Anexo 21. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con las dosis de cal durante el semestre 1997a. | 149 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Anexo 22. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con las dosis de cal durante el semestre 1997b. | 149 |
| Anexo 23. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con las dosis de P utilizadas durante el semestre 1997a. | 149 |
| Anexo 24. | Prueba de comparación de medias para el contenido de nutrientes en la raíz de acuerdo con las dosis de P utilizadas durante el semestre 1997b. | 149 |
| Anexo 25. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenida para el contenido de nutrientes en la raíz con el uso de materiales orgánicos dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997a. | 150 |
| Anexo 26. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenida para el contenido de nutrientes en la raíz con el uso de materiales orgánicos dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997b. | 151 |
| Anexo 27. | Características estadísticas de la concentración foliar de nutrientes de tres genotipos de maíz en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a. | 152 |
| Anexo 28. | Características estadísticas de la concentración foliar de nutrientes de tres genotipos de maíz en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 152 |
| Anexo 29. | Significancia estadística obtenida para la concentración foliar de nutrientes en los tratamientos sobre uso de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo en tres variedades de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana. 1997a. | 153 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Anexo 30. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con los tres cultivares de maíz en estudio durante el semestre 1997a. | 154 |
| Anexo 31. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con los tres cultivares de maíz en estudio durante el semestre 1997b. | 154 |
| Anexo 32. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con las fuentes orgánicas en estudio durante el semestre 1997a. | 154 |
| Anexo 33. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con las fuentes orgánicas en estudio durante el semestre 1997b. | 150 |
| Anexo 34. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con las dosis de cal en estudio durante el semestre 1997a. | 155 |
| Anexo 35. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con las dosis de cal en estudio durante el semestre 1997b. | 155 |
| Anexo 36. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con las dosis de P en estudio durante el semestre 1997a. | 155 |
| Anexo 37. | Prueba de comparación de medias para la concentración foliar de nutrientes de acuerdo con las dosis de P en estudio durante el semestre 1997b. | 155 |

| | | |
|------------------|--|------------|
| Anexo 38. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenida para la concentración foliar de nutrientes con el uso de materiales orgánicos dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997a. | 156 |
| Anexo 39. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenida para la concentración foliar de nutrientes con el uso de materiales orgánicos dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997b. | 157 |
| Anexo 40. | Características estadísticas de las variables agronómicas de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a. | 158 |
| Anexo 41 | Características estadísticas de las variables agronómicas de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b. | 158 |
| Anexo 42. | Significancia estadística obtenida para las variables agronómicas en los tratamientos sobre uso de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo en tres variedades de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997. | 159 |
| Anexo 43. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con los tres cultivares de maíz en estudio, durante el semestre 1997a. | 161 |
| Anexo 44. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con los tres cultivares de maíz en estudio, durante el semestre 1997b. | 161 |
| Anexo 45. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con las tres fuentes de materiales orgánicos en estudio, durante el semestre 1997a. | 161 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Anexo 46. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con las tres fuentes de materiales orgánicos en estudio, durante el semestre 1997b. | 161 |
| Anexo 47. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con las dosis de cal en estudio, durante el semestre 1997a. | 162 |
| Anexo 48. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con las dosis de cal en estudio, durante el semestre 1997b. | 162 |
| Anexo 49. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con las dosis de fósforo en estudio, durante el semestre 1997a | 162 |
| Anexo 50. | Prueba de comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con las dosis de fósforo en estudio, durante el semestre 1997b. | 162 |
| Anexo 51. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenidos para las variables agronómicas con el uso de materiales orgánicos dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997a. | 163 |
| Anexo 52. | Significancia estadística de los contrastes ortogonales obtenidos para las variables agronómicas con el uso de materiales orgánicos dosis de cal y P en tres cultivares de maíz en un Oxisol de la Orinoquia en el semestre 1997b. | 165 |

RESUMEN

Durante dos semestres consecutivos en un suelo fino, caolinitico, isohipertermico Typic Hapludox de terraza alta del Piedemonte Llanero de la Orinoquia Colombiana, se realizo el presente trabajo para estudiar, a nivel de campo, algunas de las interacciones resultantes de la adición de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo en tres cultivares de maíz con tolerancia diferencial al aluminio. Se evaluaron los efectos causados por los tratamientos sobre las variables agronómicas y fisiológicas de los cultivares de maíz, el contenido de nutrientes en el suelo, la absorción de nutrientes por la raíz y la concentración de estos en tejido foliar. Se utilizó un diseño de bloque completos al azar con arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 25 m².

Los resultados obtenidos permitieron observar que la casi totalidad de las variables evaluadas, presentaron un comportamiento similar en los dos semestres de evaluación. La altura de planta, el área foliar, la biomasa de tallos, el rendimiento de grano y la sobrevivencia de plantas a los 5, 15, y 25 días después de emergencia (d.d.e), incrementaron sus valores con el uso del caupí, la gallinaza y las dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal dolomita, efecto que fue mucho mayor en la variedad susceptible a la toxicidad del aluminio (ICA V 109). Se pudo determinar que los efectos tóxicos del aluminio en la planta comienzan a manifestarse entre los 5 y 15 d.d.e., disminuyendo significativamente la sobrevivencia de plantas en cerca de un 35% en la variedad susceptible (ICA V 109), en comparación con la variedad tolerante Sikuaní V 110. Aplicaciones de 5.0 T.ha⁻¹ de gallinaza produjeron rendimientos de grano ligeramente superiores a los obtenidos con la aplicación de 1500K/ha de cal dolomita, esto muestra una importante alternativa para la disminución de la toxicidad del Al en el suelo y el mejoramiento de la productividad de los Oxisoles estudiados.

Se encontró un efecto complementario entre la cal y los materiales orgánicos, lo cual permitió el incremento significativo en el suelo de P, Ca, Mg, K, la C.I.C.E., el pH y la disminución del Al, Fe y Mn. No se encontraron efectos significativos sobre el aluminio unido a la materia orgánica en el suelo con la aplicación de 5 t.ha^{-1} de caupí o gallinaza.

No fue evidente y claro el efecto de los tratamientos sobre la absorción de nutrientes por la raíz en los diferentes cultivares de maíz, aunque se encontró una mayor absorción de estos en el segundo semestre del año; esto sugiere, que posiblemente el efecto del aluminio en la raíz está dado principalmente sobre procesos metabólicos y fisiológicos no evaluados en este estudio.

Las concentraciones foliares de Al y Fe, se incrementaron entre 5 y 10 veces más en la variedad tolerante Sikuaní V 110 con relación a las variedades más susceptibles Clavito e ICA V 109, lo cual muestra que puede existir mecanismos de tolerancia al aluminio en la variedad Sikuaní V 110. Las mayores concentraciones foliares de P, Mn y N, también se encontraron en la variedad Sikuaní V 110. Lo anterior sugiere que las variedades de maíz más eficientes en la toma de nutrientes bajo estrés de aluminio, como la Sikuaní V 110, tienen mayor ventaja para su crecimiento desarrollo y producción en suelos ácidos pobres en nutrimentos.

Es importante resaltar la interacción positiva entre la cal dolomita y la gallinaza con las cuales se obtienen los mayores rendimientos de grano en las tres variedades, siendo este efecto más notorio en la variedad susceptible ICA V 109 en la cual se obtuvieron las mayores variaciones (2500 kg.ha^{-1}), entre el tratamiento testigo y la aplicación de cal, gallinaza y P, alcanzando producciones hasta de 4550 kg.ha^{-1}

De otra parte los resultados confirman la importancia de preservar e incrementar los contenidos de materia orgánica en el suelo bajo cualquier sistema de producción que se establezca. Así mismo, se demuestra que los Oxisoles de terrazas altas de la Orinoquia Colombiana, son potencialmente productivos, inclusive con especies susceptibles a los altos contenidos de Al siempre y cuando se realicen prácticas como la aplicación de materia orgánica para mejorar su fertilidad y disminuir los niveles tóxicos del Al.

2. INTRODUCCIÓN

La expansión de la frontera agrícola colombiana se realiza principalmente hacia los Oxisoles y Ultisoles de la Orinoquia colombiana. Esta región presenta un potencial de producción agropecuaria de cerca de 4.6 millones de hectáreas.

En estos suelos la producción agropecuaria está limitada por factores edafoclimáticos como la baja fertilidad, elevada acidez, alta saturación de aluminio, bajos contenidos de materia orgánica y alta fragilidad al laboreo continuo; Sin embargo, se constituye en una reserva potencial debido a su topografía de escasa pendiente, fácil mecanización y adecuadas características físicas para gran parte de especies vegetales.

La alta acidez, alta saturación de aluminio y baja fertilidad, son consideradas uno de los más importantes limitantes para la producción agropecuaria de estos suelos. En los últimos años los esfuerzos de la investigación han estado enfocados en lograr un desarrollo agropecuario sostenible, logrando avances significativos en la obtención de variedades de arroz, sorgo, soya y maíz adaptadas a estas condiciones. Simultáneamente es necesario establecer prácticas agronómicas que permitan la competitividad y sostenibilidad de estos sistemas de producción.

La aplicación de cales y otras fuentes de calcio son algunas de las prácticas usadas para corregir la acidez del suelo; sin embargo, los altos costos, principalmente para pequeños agricultores, la dificultad de su incorporación a profundidades mayores a 20 cm y algunos desbalances nutricionales, que puede generar el sobreencalamiento en estos suelos, hacen necesario buscar otras alternativas para el manejo de este problema.

En la actualidad se tienen claras evidencias de que el uso de materiales orgánicos pueden disminuir el efecto tóxico del aluminio sobre las plantas y mejorar la disponibilidad

de nutrimentos. Esta situación podría constituir una alternativa importante que conduzca a un manejo sostenible de estos suelos; sin embargo, no son muchos los trabajos realizados en la región que permitan tener un mayor conocimiento del efecto de la materia orgánica sobre la dinámica del aluminio y otros nutrientes en suelo y planta.

Teniendo en cuenta lo anterior y dada la importancia que tiene el maíz dentro de la economía nacional y como alimento básico en la dieta del pueblo colombiano, se planeó el presente trabajo con el propósito de adquirir conocimientos sobre algunas de las interacciones que pudieran resultar con la aplicación de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo en tres cultivares de maíz sembrado en Oxisoles de los Llanos Orientales y observar el efecto que podrían tener éstos sobre la fertilidad del suelo, algunas características agronómicas y fisiológicas del cultivo y la disminución de la toxicidad de aluminio en el suelo.

El presente estudio forma parte del proyecto internacional "Adaptación del maíz a sistemas de producción en suelos ácidos de los trópicos" donde participan: CIRAD (Francia), Universidad de Hannover (Alemania), IRA (Camerún), INRA (Guadalupe), Universidad de Barcelona (España), EMBRAPA (Brasil) y CORPOICA (Colombia).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Aspectos generales de los suelos de la Orinoquia Colombiana.

Los Llanos Orientales de Colombia, abarcan cerca de 26 millones de hectáreas. Un gran potencial agropecuario lo constituyen cerca de 4.6 millones de hectáreas de los paisajes fisiográficos de terrazas y altillanura plana conformadas principalmente por Oxisoles y Ultisoles. Estos suelos presentan gran importancia actual y futura para el desarrollo de la economía de esta región del país (Valencia y Leal, 1996; Mejía, 1996).

Los Oxisoles y Ultisoles de los Llanos Orientales, se caracterizan por tener un complejo coloidal inorgánico con arcillas de baja actividad, avanzado estado de meteorización de sus materiales, fuerte acidez, intenso lavado de bases y sílice, muy bajo nivel de fertilidad y una aparente fragilidad de sus suelos (Mejía, 1996).

La acidez del suelo ha sido reconocida como uno de los grandes limitantes para la producción de cultivos y pasturas en varias regiones del mundo, afectando la agricultura tropical, subtropical y templada (Blamey et.al.;1990). Las plantas que crecen en suelos con alta acidez, se ven afectadas por un gran número de factores como: deficiencias nutricionales, sensibilidad al estrés hídrico y toxicidad de aluminio, principalmente (Valencia y Leal,1996).

En suelos minerales el aluminio se constituye en el principal componente de la acidez bajo condiciones de alta temperatura y pluviosidad (Valencia, 1994). Como consecuencia de estas condiciones climáticas, se presenta un desplazamiento de los cationes básicos calcio, magnesio, potasio y sodio, tanto en el complejo de intercambio como de la solución del suelo siendo sustituidos por iones de hidrógeno y/o aluminio (Núñez, 1985).

3.2. Efectos tóxicos del aluminio

La toxicidad del aluminio depende especialmente de dos factores: uno inherente a la planta (genotípico) y otro relacionado con el medio en el cual se desarrolla la planta (Wallace y Anderson, 1984). De otra parte, Cambria et.al.; (1983), y Blamey et.al.; (1990), proponen que la tolerancia al aluminio debe estar relacionada con la habilidad de las plantas en prevenir que el aluminio entre a la célula o que una vez dentro de ella haya mecanismos específicos de detoxificación.

El aluminio afecta a la planta fisiológica y bioquímicamente, su principal efecto es inhibir severamente el crecimiento de la raíz al restringir la división celular del meristemo apical, lo que trae como consecuencia la disminución en la absorción del agua y nutrientes; este atrofiamiento va acompañado de la formación de raíces gruesas, pequeñas y quebradizas de color oscuro (Valencia, 1992). Las hojas presentan clorosis intervenal similar a las deficiencias de hierro (Fe) y rojiza similar a la deficiencia de fósforo (P) (Furlany y Clark, citados por Valencia, 1994).

La solubilidad del aluminio y la severidad de su efecto tóxico sobre las plantas, dependen de varios factores del suelo entre los cuales se encuentran el pH, el tipo de arcilla predominante, la concentración de otros cationes y el contenido de materia orgánica (Foy et al.;1973).

Wallace y Anderson (1984), indican que el primer efecto que se da por fitotoxicidad del aluminio es la inhibición en el desarrollo radicular, detectado ya a las dos horas de exposición al aluminio, seguido por una inhibición en la síntesis de DNA. Por tinción con hematoxilina se ha encontrado que el aluminio se acumula en la superficie y en la corteza de la raíz.

También se reporta engrosamiento anormal y pigmentación café del extremo de la raíz (Cambria et.al.; 1983, Baligar et.al.;1987), cese de formas mitóticas en la región meristemática de la raíz (Wallace y Anderson 1984), daño de la epidermis en el extremo de la raíz (Blamey et al.; 1990), reducción de la respiración y reducción de la síntesis de polisacáridos de la pared celular (Rodríguez, citado por Cambria et.al.; 1983),

Otros trabajos que señalan los efectos tóxicos del Al en la membrana celular son los desarrollados por Ishikawa et al.; (2001) y Nauman et al.; (2001); así mismo, Alizade et al.; (2001), muestra como aplicaciones de 50µM de Al, disminuyeron el contenido de proteína apical en raíces de maíz de variedades susceptibles como LIXIS en comparación con variedades tolerantes como ATP-Y.

La toxicidad de aluminio ha sido asociada con la reducción en la absorción de ciertos nutrimentos esenciales para la planta como el Ca y el P, debido a la fuerte tendencia que tiene el Al de reaccionar con el P en los suelos ácidos; esta situación, origina disturbios en la asimilación y transporte de este elemento a la parte aérea de la planta (Foy, 1964). La reducción en la absorción de P por la planta, causa una reducción en el ritmo metabólico de la raíz con consecuencias sobre los mecanismos de transporte activo de las membranas celulares de las mismas y origina una disminución en la tasa de absorción de otros nutrimentos como el N, Ca, P, Mg, entre otros. (Torella, citado por Sánchez y Bocanegra, 1993; Clark, (1977), Mariano y Keltjens (2001), Kochian (2001), Kollmeier y Horst (2001).

Tanaka, citado por Valencia (1994), muestra que las formas o especies en que puede encontrarse el Al en el suelo pueden ser como monómeros o polímeros, así: Al^{3+} , $Al(OH)_2$, $Al(OH)^{+2}$, $Al(OH)_3$ y en complejos iónicos con el SO_4^{-2} y el F^- . La presencia de estas formas de aluminio en la solución dependerá del pH y de la concentración de otros iones variando el nivel de actividad.

Varias investigaciones sugieren que sólo el aluminio monomérico (Al^{3+}) es biológicamente activo y que su actividad está influenciada por la presencia de otros iones (Blamey et.al.; 1993), sin embargo, investigaciones en soya realizadas por Valencia (1994), determinaron que aunque la forma iónica predominante de aluminio fue Al^{3+} , la más nociva fue $Al(OH)^{2+}$.

Parker et.al.:(1988), sugieren que tanto el Al^{+3} como las especies hidroxialumínico polinucleares son tóxicas. Bessho y Bell (1995) y Whitten y Ritchie (1991), encontraron que las formas realmente fitotóxicas son el Al^{+3} y los monómeros hidroxí-aluminio. Alva et.al.; (1986) y Masahiko et.al.; (1995), complementan lo anterior al afirmar que las formas complejadas orgánicas e inorgánicas no son tóxicas o lo son considerablemente menos

El pH influye también sobre la forma iónica en la cual se encuentra este elemento. El aluminio medido en la solución del suelo puede estar compuesto por aluminio polimérico, complejos orgánicos de bajo y alto peso molecular (citratos y fulvatos), complejos inorgánicos de aluminio (sulfato de aluminio) y monómeros inorgánicos de aluminio (Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$) (Blamey et al.; 1990)

Según Bessho y Bell (1995), la actividad, más que la concentración de Al^{3+} o del aluminio monomérico en el medio de crecimiento, proporcionan una mejor descripción del fenómeno de toxicidad.

Mugwira y Elgawhary, citados por Sánchez y Bocanegra (1993), sostienen que los cultivares susceptibles al Al acumulan mayores cantidades de este elemento principalmente en raíces en comparación con aquellos tolerantes; sin embargo, Valencia (1992), encontró mayor acumulación de Al en genotipos de maíz tolerantes al considerar la biomasa total. Estos mismos autores, sostienen que las raíces con alta capacidad de intercambio cationico (CIC), podrían absorber en mayor grado cationes polivalentes como el aluminio en comparación con raíces de plantas con baja CIC.

En general la toxicidad de aluminio ocurre en suelos con valores de pH por debajo de 5.5 y es más severa cuando los valores de pH disminuyen por debajo de 5.0 en los cuales la solubilidad del Al aumenta considerablemente (Tan y Binger, 1986).

3.3. Prácticas para reducir la toxicidad de aluminio.

Dentro de las prácticas utilizadas para corregir la acidez del suelo y los efectos tóxicos del aluminio, está el uso de cales con las cuales se lleva el pH a puntos cercanos a 5.5 ó 6.0, donde el aluminio se precipita disminuyendo de esta forma su solubilidad (Espinosa, 1994); sin embargo, la dificultad de su incorporación en el suelo a más de 20 cm de profundidad, así como los altos costos que representa su utilización en zonas alejadas, dificultan en gran parte el uso de esta práctica.

el pH se incrementó de 4.2 a 5.4; el contenido foliar de P, K, Ca, Mg y Mn se incrementaron en la planta de soya posiblemente por los mismos efectos.

La detoxificación del Al, por la acción de ácidos orgánicos, está asociada a la formación de complejos alumino-orgánicos que impiden su absorción por la planta y pueden disminuir su efecto sobre la acidez del suelo (Tan y Binger, 1986); sin embargo, otros cationes metálicos pueden también ser quelatados por estos ácidos.

La materia orgánica reduce la concentración de aluminio monomérico en solución, debido a: la polimerización o precipitación del aluminio (Blamey et.al.; 1993, Mitchell y Alter, 1993), al intercambio catiónico (Jardine et.al.; 1985), a la formación de complejos orgánicos, a la coagulación de dichos complejos y la quelación (Alter y Mitchell, 1992, Ahmad y Tan, 1986, Hue y Amien, 1989). La formación de los complejos del aluminio con la materia orgánica del suelo, se da por reacción entre el aluminio y los grupos carboxílico y en menor medida con los grupos fenólicos, (Hargrove y Thomas, 1981).

3.5 Uso de variedades tolerantes al Al en suelos ácidos.

Otra de las alternativas que se trabajan en la actualidad, para enfrentar el grave problema de los suelos ácidos y sus altos contenidos de aluminio, es la utilización de genotipos que se adapten bien a estas condiciones. Sobre este aspecto, Kochian (2001), señala que son dos los mecanismos utilizados por las plantas para establecer su tolerancia al Al. El primero de ellos está relacionado con procesos que inhiben el efecto tóxico del Al en el simplasto y el segundo con formas o procesos de exclusión del Al por parte de la raíz mediante la producción de exudados que reaccionan con el Al impidiendo su entrada al simplasto. De acuerdo con este mismo autor, en la actualidad se trabaja sobre la identificación de los genes responsables de la tolerancia al Al, así como a ciertos mecanismos moleculares y fisiológicos de la planta que actúan en defensa de ésta, en eventuales excesos de este elemento.

Varios de los trabajos, reseñados por Kochian (2001), sobre los mecanismos de exclusión, han encontrado una alta correlación entre resistencia al Al y quelación por parte

El exceso de encalamiento, puede producir efectos negativos en el crecimiento de plantas y propiedades del suelo; origina en algunos casos, la reducción en la toma de P, Zn, B, y Mn en maíz (Ahmad, 1986; Marin y Lora, citados por Sánchez y Bocanegra, 1993). También es posible cambios en las adecuadas relaciones de Ca con Mg y K, lo que puede producir disminución en la absorción por parte de la planta de estos últimos (Espinosa, 1994).

Pavan (1986) y Malavolta (1990), demuestran que otra fuente que puede ser utilizada para mejorar las características químicas y físicas de los suelos ácidos, es el uso de sulfato de calcio ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), comúnmente llamado "Yeso". Aplicaciones de este producto, distribuyen más profundo y uniformemente el Ca en el perfil del suelo; así mismo, su reacción en el suelo con el Al puede reducir la acidez y aumentar la estabilidad de agregados y permeabilidad del agua (Roth et.al.; citado por Ocampo y Orozco, 1992)

3.4. Uso de la materia orgánica como correctivo de la acidez del suelo

Actualmente se tienen claras evidencias de que el uso de materiales orgánicos pueden disminuir los efectos tóxicos del aluminio sobre las plantas y mejoran la disponibilidad de nutrientes (Hargrove y Thomas, 1981), siendo este efecto similar o mejor que el uso de las cales (Ahmad y Tan, 1986).

En sus trabajos, Hargrove y Thomas (1981), demostraron que plantas que crecían en suelos ácidos con altos contenidos de materia orgánica, no presentaban síntomas de toxicidad de aluminio mientras que plantas que crecían al mismo pH pero en suelos con bajos niveles de materia orgánica, si presentaban señales de toxicidad de Al.

Trabajos realizados utilizando paja de trigo, hojas de soya, gallinaza, y otros desechos animales solos o en combinación con cal, muestran que los materiales orgánicos causan un efecto significativo en la reducción del Al tóxico en el suelo, obteniéndose mayores producciones de biomasa aérea en soya, maíz y otras especies (Ahmad y Tan, 1986; Hargrove y Thomas, 1981; Estrada et.al.;1995). Dosis de $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de hojas verdes de soya disminuyeron de 1.3 a $0.29 \text{ cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ de suelo el aluminio intercambiable, mientras

de ácidos orgánicos en muchas especies vegetales. Entre los principales ácidos orgánicos comprometidos, en este proceso, se encuentran el citrato, el malato y el oxalato, así como ácidos tricarbónicos que no pueden transportarse a través de las membranas celulares. Otras investigaciones como las realizadas por Brigham (2001), han encontrado un notable incremento de sustancias mucilaginosas, en la rizosfera que reducen los efectos tóxicos del Al en planta de té. Así mismo, investigaciones como las de Shottelndreier et al.; (2001), Yang et al.; (2001), Kollmeier et al.; (2001), Mariano y Keltjens (2001), Osawa y Matsumoto (2001), han encontrado resultados similares y han permitido incrementar el conocimiento de estos procesos para la obtención de genotipos altamente competitivos en los suelos ácidos tropicales.

Con respecto a algunos de los mecanismos internos, Kochian (2001), señala la posible acumulación de Al en algunos organelos de las células, como las vacuolas, impidiendo que su efecto tóxico llegue a otras partes de ésta. Estas conclusiones se han obtenido del estudio de la especie *Thlaspi caerulescens*, La cual puede acumular entre 10 a 20 veces más metales pesados sin afectar su fisiología y desarrollo. De otra parte, Ma et al.; (2001), detectaron la activación en la membrana celular de un canal aniónico que incrementaba la secreción de oxalato al incrementarse el Al en raíz de *Fagopyrum esculentum* y lograba reducir el efecto toxico de este. Nauman et al.; (2001), encontraron una alta acumulación de Al, P y S, en vacuolas de las células radicales de *Hydrangea macrophylla*, cuando estas fueron sometidas a altas concentraciones de Al en solución.

Estudios recientes realizados por Wagatsuma et al.; (2001), han encontrado una alta correlación entre producción de fenoles como lumogallion, morin y pyrogallon, y disminución de toxicidad del Al en raíces. Estudios similares, en plantas leñosas, han sido reseñados por Foie-Manu et al.; (2001).

De acuerdo con Kollmeier (2000), la acumulación de Al en la planta, es un indicador de la sensibilidad al Al y ocurre en la parte distal del ápice de la raíz (Shivaguru y Horst, 2001); así mismo, señala que los mecanismos de resistencia al Al, relacionados con el complejamiento del Al por ácidos orgánicos, está ubicada en el ápice de la raíz (Horst et al.; 1982) y que la formación de la callosa, como un indicador de la sensibilidad a Al, esta ubicada, principalmente en las células apicales de la parte externa de la raíz (Wissemeyer y Horst (1995), Sivaguru y Horts (1998).

La producción de Callosa, en las células radicales, ha sido otro indicador de las plantas a la acción toxica de agentes externos como el Al. Sobre este aspecto Collet y Horts (2001), encontraron que la formación de la callosa fue 12 veces mayor en raíces de plantas tolerantes al Al, en comparación con plantas de maíz susceptibles, las cuales solo incrementaron en tres veces la cantidad de callosa en la raíz, con relación al testigo sin Al.

El cultivo del maíz hace parte de la identidad cultural del pueblo colombiano y al igual que en la soya y el arroz se han logrado avances significativos en la obtención de materiales adaptados a las condiciones de suelos extremadamente ácidos (Oxisoles); sin embargo, es poco el conocimiento que se tiene sobre las prácticas agronómicas eficientes y sostenibles en estos sistemas de producción, lo que hace necesario explorar parte de los muchos interrogantes al respecto (Valencia y Leal, 1996).

4.0 OBJETIVOS:

4.1. General:

Estudiar a nivel de campo, algunas de las interacciones suelo- planta, resultantes de la adición de dos materiales orgánicos, dos dosis de cal y dos dosis de fósforo sobre tres cultivares de maíz con tolerancia diferencial al Al en un Typic Hapludox de la Orinoquia Colombiana.

4.2 Específicos:

- Determinar el efecto de la adición de materiales orgánicos, dosis de cal y dosis de fósforo sobre algunos componentes agronómicos y parámetros fisiológicos de tres cultivares de maíz.
- Conocer el efecto de la adición de materiales orgánicos, dosis de cal y dosis de fósforo sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Conocer el efecto de la adición de materiales orgánicos, dosis de cal y dosis de fósforo sobre la absorción de nutrientes en raíz y concentración de estos a nivel foliar.

5.0. MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización

El experimento fue realizado en un suelo de terraza alta del Piedemonte Llanero clasificado como fino caolinítico isohipertérmico Typic Hapludox (IGAC, 2000), ubicado a 390 m.s.n.m. con una temperatura promedio anual de 27°C, precipitación de 3.200 mm/año y humedad relativa entre 70-90%. El análisis químico del suelo del sitio experimental fue realizado de 0 -20 cm de profundidad, siguiendo la metodología descrita por ICA (1993) y los resultados aparecen en la Tabla 1

5.2. Materiales

Durante dos semestres consecutivos (1997A y 1997B), se evaluaron tres fuentes orgánicas, dos dosis de fósforo, y dos dosis de cal en tres genotipos de maíz con tolerancia diferencial al aluminio. A continuación se realiza la descripción de estos tratamientos.

- 5.2.1. Materiales Orgánicos:** a) Caupí (*Vigna unguiculata*) variedad ICA Llanura en dosis de 5 t.ha⁻¹ de forraje seco.
b) Gallinaza en dosis de 5 t.ha⁻¹. (Ponedoras Sáname Cund.)
c) Testigo sin materia orgánica.

- 5.2.2. Dosis de Cal:** Cal dolomita del 80% de pureza con 57% de CaCO₃ y 33% de MgCO₃ en dosis de:
a) 1.5 t.ha⁻¹.
b) 0.0 t.ha⁻¹.

TABLA 1 Características químicas del oxisol de terraza alta del Piedemonte Llanero donde se realizó el experimento

| CARACTERISTICA | VALOR |
|---|-------|
| Textura | FArA |
| PH | 4.6 |
| M.O. (%) | 1.8 |
| P (mg.kg ⁻¹ .Bray II) | 7.0 |
| Acidez cambiante (cmol + kg ⁻¹) | 2.6 |
| Al (cmol + kg ⁻¹) | 2.1 |
| Ca (cmol + kg ⁻¹) | 0.44 |
| Mg (cmol + kg ⁻¹) | 0.16 |
| K (cmol + kg ⁻¹) | 0.09 |
| Na (cmol + kg ⁻¹) | 0.13 |
| C.I.C.E. (cmol + kg ⁻¹) | 3.42 |
| Sat. Alum. (%) | 61.0 |
| Fe (mg.kg ⁻¹) | 37.0 |
| Cu (mg.kg ⁻¹) | 0.5 |
| Mn (mg.kg ⁻¹) | 5.3 |
| Zn (mg.kg ⁻¹) | 0.4 |
| B (mg.kg ⁻¹) | 0.2 |

5.2.3. Dosis de P: Superfosfato triple del 45% de P₂O₅ en dosis de

- a) 50 kg.ha⁻¹ de P
- b) 25 kg.ha⁻¹ de P

5.2.4. Variedades de maíz: Se utilizaron tres variedades de maíz con tolerancia diferencial al aluminio tal como lo reportan los estudios realizados por Valencia (1992). Estos genotipos son:

- a) Sikuni : V110 (variedad tolerante al aluminio).
- b) Clavito (variedad regional con tolerancia intermedia).
- c) ICA V109 (variedad susceptible al aluminio).

Los materiales orgánicos fueron caracterizados por el departamento de química de la universidad Nacional de Colombia en Santafé de Bogotá de acuerdo con la metodología descrita por Narváez, (1998). Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 2.

La dosis de 1500 kg.ha^{-1} de cal dolomita se utilizó para llegar a una saturación de Al entre 45 y 55% de acuerdo con la fórmula de Cochrane et.al., (1980) y para estar dentro de los niveles adecuados de saturación de aluminio de la variedad Sikuni V110 de acuerdo con las recomendaciones de León et.al.; (1995)

Los materiales orgánicos fueron incorporados 30 días antes de la siembra cuando el caupi presentó un periodo de 55 días después de emergencia (d.d.e). La aplicación se realizó en forma simultanea con la cal en los tratamientos en los que se les adicionó este correctivo

Como fertilización constante se usó 100 kg.ha^{-1} de N como urea, la cual fue aplicada en tres partes iguales a los 15, 30 y 45 d.d.e; 120 kg.ha^{-1} de K_2O como KCl aplicado a las 0, 15 y 30 d.d.e; 60 y 30 kg.ha^{-1} de Ca y Mg como sulfatos aplicado al momento de la siembra en los tratamientos sin cal; 12, 0.1, 3 y 0.3 kg.ha^{-1} de S, Cu, Zn y B respectivamente como Borozinco aplicado en banda al momento de la siembra.

Para evitar aportes adicionales de nutrientes en los tratamientos, los residuos de cosecha de la primera siembra, fueron evacuados del lote experimental.

5.3. Metodología de campo

Para el establecimiento de las variedades de maíz en el campo, se realizaron dos pases cruzados de cincel fijo, un pase de rastra y uno de rastrillo pulidor para incorporar la cal y los materiales orgánicos en el lote experimental. Las unidades experimentales tuvieron un área de 25m^2 (5 x 5m). Las variedades de maíz fueron sembradas a 0.8 m entre surcos y 0.5 m entre plantas dejando dos plantas finales por sitio después del aporque, de esta forma, la densidad de siembra fue de 15 kg.ha^{-1} aproximadamente y el número de

surcos por unidad experimental fue de 7. Para los muestreos destructivos se usaron los surcos dos y seis y para la cosecha se utilizaron los tres surcos centrales dejando un efecto de borde de 50 cm (surcos tres, cuatro y cinco). Los surcos uno y siete hicieron parte del efecto de borde de la unidad experimental.

5.4. Variables evaluadas

5.4.1. Contenido de nutrientes en el suelo

Al momento de antesis, se recolectaron muestras de suelos entre 0 y 20 cm de profundidad en todas las unidades experimentales para los análisis químicos (caracterización más elementos menores). Estos fueron realizados en el laboratorio de suelos de CORPOICA, Tibaitatá, de acuerdo con la metodología descrita por ICA (1993). Adicionalmente, se evaluó el aluminio unido a la materia orgánica con pirofosfato de sodio de acuerdo con la metodología descrita por Rodríguez, et al.; (1998).

5.4.2. Contenidos de nutrientes en raíz

Al momento de antesis y utilizando el material radicular obtenido en los muestreos de biomasa y volumen de raíz se realizaron análisis de tejido para determinar el contenido de N, Al, P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn y Zn en la raíz en todos los tratamientos y en 3 repeticiones, para esto, fueron utilizadas 18 plantas por unidad experimental.

5.4.3. Concentración de nutrientes en tejido foliar

Al momento de antesis se realizó un muestreo foliar en 18 plantas por unidad experimental y en tres repeticiones. Se recolectó la hoja opuesta inmediatamente inferior a la mazorca superior conservando para el análisis solo la parte central de la hoja de

acuerdo con la metodología descrita por Lora (1970) y Rodríguez et.al., (1998). Los elementos determinados en este análisis fueron: N, Al, P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn y Zn.

5.4.4. Variables agronómicas y fisiológicas:

Para determinar la sobrevivencia de plantas se realizaron conteos en cada unidad experimental del número de plantas presentes a los 5, 15 y 25 días después de emergencia (d.d.e). Adicionalmente, al momento de antesis de las variedades de maíz (60 d.d.e. aproximadamente), fueron evaluadas las siguientes variables agronómicas y fisiológicas:

- Altura de planta (cm.pl^{-1}). (18 plantas por unidad experimental).
- Producción de biomasa seca de tallos (g.pl^{-1}) (18 plantas por unidad experimental).
- Producción de biomasa seca de hojas (g.pl^{-1}) (18 plantas por unidad experimental).
- Producción de biomasa seca de raíz (g.pl^{-1}) (18 plantas por unidad experimental).
- Peso seco de raíz (g.pl^{-1}). (18 plantas por unidad experimental).
- Area foliar ($\text{cm}^2.\text{pl}^{-1}$). (18 plantas por unidad experimental).
- Volumen de raíz por método del cubo (20X20X20 cm) y posterior determinación con pipeta. ($\text{cm}^3.\text{pl}^{-1}$) (18 plantas por unidad experimental).

Al momento de cosecha se evaluó el rendimiento de grano (kg.ha^{-1}) al 14% de humedad.

5.5. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizaron los análisis de varianza para toda las variables evaluadas. Las variables sobrevivencia de plantas (%) a los 5, 15 y 25 d.d.e., fueron transformadas utilizando el arco seno. De otra parte, teniendo en cuenta el gran número de variables evaluadas, se procedió a realizar un análisis de componentes principales para determinar las variables que fueron influenciadas en mayor grado por los

tratamientos en cada grupo de muestreo (planta, suelo, raíz, follaje) de acuerdo con la metodología descrita por Martínez y Martínez (1997).

Para determinar el efecto de cada una de las interacciones de los variables independientes, se realizó la prueba de contrastes ortogonales descritos por Martínez y Martínez (1997), adicionalmente se realizó la prueba de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey, con el propósito de observar la tendencia general de cada una de las variables de acuerdo con los niveles de las variables dependientes.

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos y dada la tendencia similar de la mayoría de variables evaluadas en los dos periodos de evaluación, los análisis estadísticos fueron realizados en forma independiente para cada semestre

6.0. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Contenido de nutrientes en el suelo

En los anexos 1 y 2, aparecen algunas de las características estadísticas encontradas para los nutrientes en el suelo evaluados en los dos semestres de estudio. En estos, se puede observar que en la mayoría de los casos los coeficientes de variación obtenidos para estas variables se encuentran dentro de los rangos normales, aunque en el segundo semestre, el contenido de Al y Zn en el suelo, presentan coeficientes entre 55 y 85%. Estos resultados coinciden con otros trabajos realizados por Narváez (1998) y Rodríguez (1998).

En la Tabla 3, se encuentra el análisis de componentes principales para el grupo de variables de suelo evaluadas en el primer semestre. En esta, se puede observar que el fósforo, el pH, la acidez cambiante, el aluminio intercambiable, la capacidad de intercambio catiónico efectiva (C.I.C.E.), así como el calcio y el magnesio, fueron las variables más afectadas por los tratamientos y son responsables en gran parte del 45% de la varianza en el primer componente. Para el segundo componente las variables más influenciadas por los tratamientos fueron el aluminio unido a la materia orgánica, la materia orgánica, el potasio y el manganeso, los cuales fueron responsables del 16% de la varianza de este componente. El sodio, el hierro y el zinc, fueron responsables del 9 % de la varianza en el tercer componente.

En la Tabla 4, se encuentran los análisis de componentes principales para este bloque de variables evaluadas en el segundo semestre. En ella, se puede observar una tendencia muy similar a la encontrada en el primer semestre. En forma general, El fósforo, el pH, la acidez cambiante, el aluminio intercambiable, el calcio y el magnesio fueron las variables

más influenciadas por los tratamientos y responsables en gran parte del 38% de la varianza en el primer componente. La C.I.C.E. el potasio, el sodio el hierro el cobre y el zinc, fueron las variables más afectadas por los tratamientos en el segundo componente y responsables en gran parte del 19% de la variación de este componente. El aluminio unido a la materia orgánica, la materia orgánica, la C.I.C.E., el hierro, el cobre y el manganeso son las variables más importantes en el tercer componente y fueron responsables de cerca del 10% de la varianza encontrada en este componente.

Teniendo en cuenta los anteriores resultados y a una alta correlación existente entre las variables acidez cambiante, aluminio intercambiable y saturación de aluminio, puesto que este es causante, en gran parte, de la acidez en este tipo de suelos (Tabla 1), se discutió y analizó solo el aluminio intercambiable entre estas tres variables. Las demás variables de este bloque, son analizadas y discutidas a continuación.

Las pruebas de significancia estadística (Anexo 3), confirman que los contenidos de nutrientes en el suelo más afectados por los tratamientos evaluados durante los dos semestres, fueron, el fósforo, el pH, el aluminio intercambiable, la C.I.C.E., la materia orgánica, el calcio, el magnesio, el potasio, el hierro y el manganeso. En general, los coeficientes de variación y de determinación obtenidos para estas variables presentan valores adecuados para este tipo de análisis de acuerdo a trabajos similares realizados por Rodríguez (1998) y Narváez (1998).

La variable aluminio unido a la materia orgánica (Al-MO), ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), extraído con pirofosfato de sodio ($\text{Na}_4 \text{P}_2\text{O}_7$), presentó una tendencia similar en los dos semestres (Figura 1). En términos generales, las mayores variaciones se presentaron por efecto de las variedades, las dosis de cal y en menor proporción a las dosis de fósforo. Los mayores contenidos de Al-MO en el suelo, se presentaron en los tratamientos donde se sembró la variedad ICA V- 109, seguida por la variedad Sikuaní y Clavito. Los valores de Al-MO, de acuerdo con la prueba de comparación de medias, permiten observar que los máximos valores (175.8 y $168.2 \text{ cmol kg}^{-1}$) en primero y segundo semestre respectivamente, se encontraron con la variedad ICA V 109, mientras los valores más bajos, fueron obtenidos en los tratamientos donde se sembró la variedad Clavito (159.2 y $151.6 \text{ cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), para los mismos semestres de evaluación. (Anexos 4 y 5)

No se encontraron diferencias significativas entre las fuentes orgánicas utilizadas (Anexos 6 y 7); sin embargo, se evidenció una tendencia a que el Al-MO fue mayor en la variedad ICA V 109 cuando se aplicó gallinaza, mientras que en las variedades Sikuaní y Clavito, la tendencia encontrada fue contraria.

Tabla 3. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en el suelo con la siembra de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a

| Variables | Componentes | | | |
|--|-------------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Aluminio unido a M.O ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.10 | 0.40* | 0.10 | 0.35 |
| Fósforo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.23* | 0.21 | 0.10 | 0.08 |
| PH | 0.33* | 0.17 | 0.04 | 0.09 |
| Materia Orgánica (%) | 0.22 | 0.37* | 0.12 | 0.20 |
| Acidez cambiabile ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.34* | 0.02 | 0.02 | 0.09 |
| Aluminio ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.33* | 0.19 | 0.09 | 0.02 |
| Saturación de aluminio | 0.34* | 0.12 | 0.14 | 0.02 |
| C.I.C.E. ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.27* | 0.32* | 0.05 | 0.07 |
| Calcio ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.35* | 0.04 | 0.08 | 0.12 |
| Magnesio ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.29* | 0.21 | 0.12 | 0.08 |
| Potasio ($\text{cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.23 | 0.33* | 0.28 | 0.05 |
| Sodio ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.07 | 0.14 | 0.38* | 0.61 |
| Hierro ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.18 | 0.19 | 0.37* | 0.37 |
| Cobre ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.09 | 0.35* | 0.21 | 0.08 |
| Manganeso ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.17 | 0.34* | 0.17 | 0.16 |
| Zinc ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 0.01 | 0.00 | 0.67* | 0.45 |
| Valor característico. | 7.3 | 2.6 | 1.3 | 1.0 |
| Proporción de varianza. | 0.45 | 0.16 | 0.09 | 0.06 |
| Varianza acumulada. | 0.45 | 0.61 | 0.70 | 0.76 |

*Variables seleccionadas.

Los anteriores resultados concuerdan parcialmente con los reportados por Rodríguez (1998) y Narváz (1998), los cuales encontraron que a mayores cantidades de materia orgánica adicionada al suelo, hay menor Al-MO, debido posiblemente a que el pirofosfato extrae el aluminio débilmente unido a la materia orgánica y por lo tanto esta fracción disminuye al aumentar la materia orgánica que se incorpora al suelo ó cuando esta es

más efectiva en acomplejar el Al, puesto que se forman complejos muy estables que no pueden ser extraídos con el pirofosfato de sodio. Sobre este aspecto, algunas investigaciones realizadas por Mckeague y Day (1966), Jeandroy y Guillet (1981), Loveland y Dighby (1984), Kaiser y Zeck (1986), determinaron que el pirofosfato de sodio por su alto pH además de extraer complejos órgano-metálicos por disolución de la materia orgánica, también disuelve una gran cantidad de ácidos e hidróxidos de aluminio amorfos que están en el suelo y que no son considerados como aluminio intercambiable, situación que no parece presentarse en el presente trabajo.

Tabla 4. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en el suelo con la siembra de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b

| Variables | Componentes | | | |
|---|-------------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Aluminio unido a M.O (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.17 | 0.16 | 0.35* | 0.26 |
| Fósforo (mg.kg ⁻¹) | 0.21* | 0.10 | 0.29 | 0.21 |
| PH | 0.37* | 0.05 | 0.02 | 0.14 |
| Materia Orgánica (%) | 0.08 | 0.10 | 0.32* | 0.60 |
| Acidez cambiable (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.38* | 0.02 | 0.02 | 0.13 |
| Aluminio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.37* | 0.05 | 0.10 | 0.01 |
| Saturación de aluminio | 0.36* | 0.01 | 0.11 | 0.07 |
| C.I.C.E. (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.03 | 0.37* | 0.36* | 0.07 |
| Calcio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.36* | 0.12 | 0.08 | 0.10 |
| Magnesio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.32* | 0.14 | 0.08 | 0.02 |
| Potasio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.01 | 0.41* | 0.26 | 0.12 |
| Sodio (mg.kg ⁻¹) | 0.09 | 0.40* | 0.09 | 0.30 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 0.06 | 0.31* | 0.41* | 0.30 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.03 | 0.34* | 0.33* | 0.07 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 0.18 | 0.15 | 0.36* | 0.38 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.08 | 0.41* | 0.02 | 0.25 |
| Valor característico. | 6.52 | 3.19 | 1.80 | 1.13 |
| Proporción de varianza. | 0.38 | 0.19 | 0.10 | 0.07 |
| Varianza acumulada. | 0.38 | 0.57 | 0.67 | 0.74 |

*Variables seleccionadas.

Al respecto, Hargrove y Thomas (1984), Urrutia et.al.; (1990), indican que el aluminio acomplejado con la materia orgánica es poco intercambiable por sales neutras como KCl 1N, solución que extrae el aluminio más fácilmente cambiable, pero si lo es por LaCl₃

0,33M y que por lo tanto, el aluminio extraído con esta sal proporciona un método más adecuado para diagnosticar las necesidades de cal de un suelo ácido, pues evalúa el aluminio acomplejado con la materia orgánica potencialmente liberable. Witten y Ritchie, (1991) encontraron que a pH constante y adiciones de turba mayores del 1%, el aluminio extraído con CaCl_2 , BaCl_2 o con LaCl_3 no es un buen índice del aluminio complejado con la materia orgánica en la solución del suelo, ya que el catión acompañante puede generar precipitación de la materia orgánica soluble y por lo tanto puede cambiar la extensión del complejamiento entre el aluminio y los ligandos orgánicos. Lo anterior nos indica que es necesario estudiar mucho más el tipo de extractante a utilizar en la determinación del Al-M.O. en el suelo bajo las condiciones de suelos tropicales.

Con relación al efecto del encalamiento sobre el Al-MO, en la Figura 1, se puede observar que el Al-MO, disminuyó con la aplicación de $1500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de cal en todas las variedades y en las fuentes orgánicas evaluadas. Las pruebas de comparación de medias para esta variable (Anexos 8 y 9), permiten observar que los mayores valores de Al-MO, se obtuvieron en los tratamientos sin cal (175 y $165 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) en primero y segundo semestre, valores que difieren estadísticamente a los obtenidos con $1500 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de cal (161 y $152 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), para los mismos semestres. Este efecto se debe, posiblemente, a que la aplicación de cal al suelo neutraliza y precipita aluminio intercambiable dejándolo en forma insoluble con baja actividad para reaccionar inclusive con la materia orgánica adicionada.

De otra parte, los mayores contenidos de Al-MO se presentaron en los tratamientos con $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P (173 y $164 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), en primero y segundo semestre respectivamente, valores que difieren estadísticamente de los encontrados con $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P y que fueron de 164 y $153 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ en los mismos periodos de evaluación (Anexos 10 y 11).

Sobre el contenido de fósforo en el suelo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), en los Anexos 3, 12 y 13, se puede observar que esta variable fue influenciada en mayor grado por los materiales orgánicos y las dosis de fósforo y en menor grado por las variedades. No se encontraron diferencias significativas por el uso de dosis de cal. Se presentaron algunas interacciones importantes entre variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal. En términos generales, se determinaron mayores contenidos de P en el segundo semestre. (Figura 2).

Los contenidos de P, en el segundo semestre, presentaron valores entre 10.5 y 40.7 (mg.kg^{-1}), frente a 3.5 y 29.5 (mg.kg^{-1}) encontrados en el primer semestre (Figura 2). Estos resultados indican que la gallinaza y el caupi aportan considerables cantidades de P debido a su composición y al posible acomplejamiento del Al intercambiable que permite una mayor disponibilidad de este nutrimento.

Con relación al efecto de las variedades, se observa que sólo en el primer semestre se presentó algún efecto de estas sobre el P del suelo, así, los tratamientos donde se sembró la variedad ICA V 109, fueron donde se encontraron los mayores contenidos de P (14.3 mg.kg^{-1}), comparados con $14.1 \text{ (mg.kg}^{-1})$ encontrados con el uso de la variedad Clavito y con $10.5 \text{ (mg.kg}^{-1})$ determinado en los tratamientos con Sikuaní V 110. Este efecto se debe, posiblemente, a la baja absorción de este nutrimento principalmente en los tratamientos testigo sin materia orgánica y con 25 kg.ha^{-1} de P. En estos mismos tratamientos se presentaron los valores más bajos de biomasa de raíz, tallo y hojas, así como de rendimiento de grano. De otra parte, los menores valores de P en el suelo en los tratamientos sin M.O. y sin cal parecen ser originados por una mayor fijación del P por el Al, Fe y Mn presentes en el suelo.

Con relación al efecto de los materiales orgánicos sobre el contenido de P en el suelo, en todos los casos la gallinaza incrementó en más del doble la cantidad de P en comparación con el testigo sin materia orgánica. El caupi presentó una tendencia similar pero no en todos los casos puesto que la variedad Clavito e ICA V 109, llega a tener contenidos de P en el suelo más bajos a los obtenidos por el testigo sin materia orgánica, lo cual muestra efectos diferentes entre las variedades y los materiales orgánicos utilizados (Figura 2), (Anexo 13).

En forma general, los contenidos promedio, de acuerdo con las pruebas de comparación de medias (Anexos 6 y 7), permitieron observar que con la gallinaza se obtuvieron valores de P en el suelo entre 19.9 y $34.2 \text{ (mg.kg}^{-1})$ en primero y segundo semestre, seguido por el caupi con 9.8 y $15.6 \text{ (mg.kg}^{-1})$ y por último el testigo sin materia orgánica con 9.1 y $13.7 \text{ (mg.kg}^{-1})$.

Los mayores contenidos de P en el suelo se deben a las altas adiciones de P por parte de gallinaza y caupi (Tabla 2), así como a un posible acomplejamiento del Al intercambiable

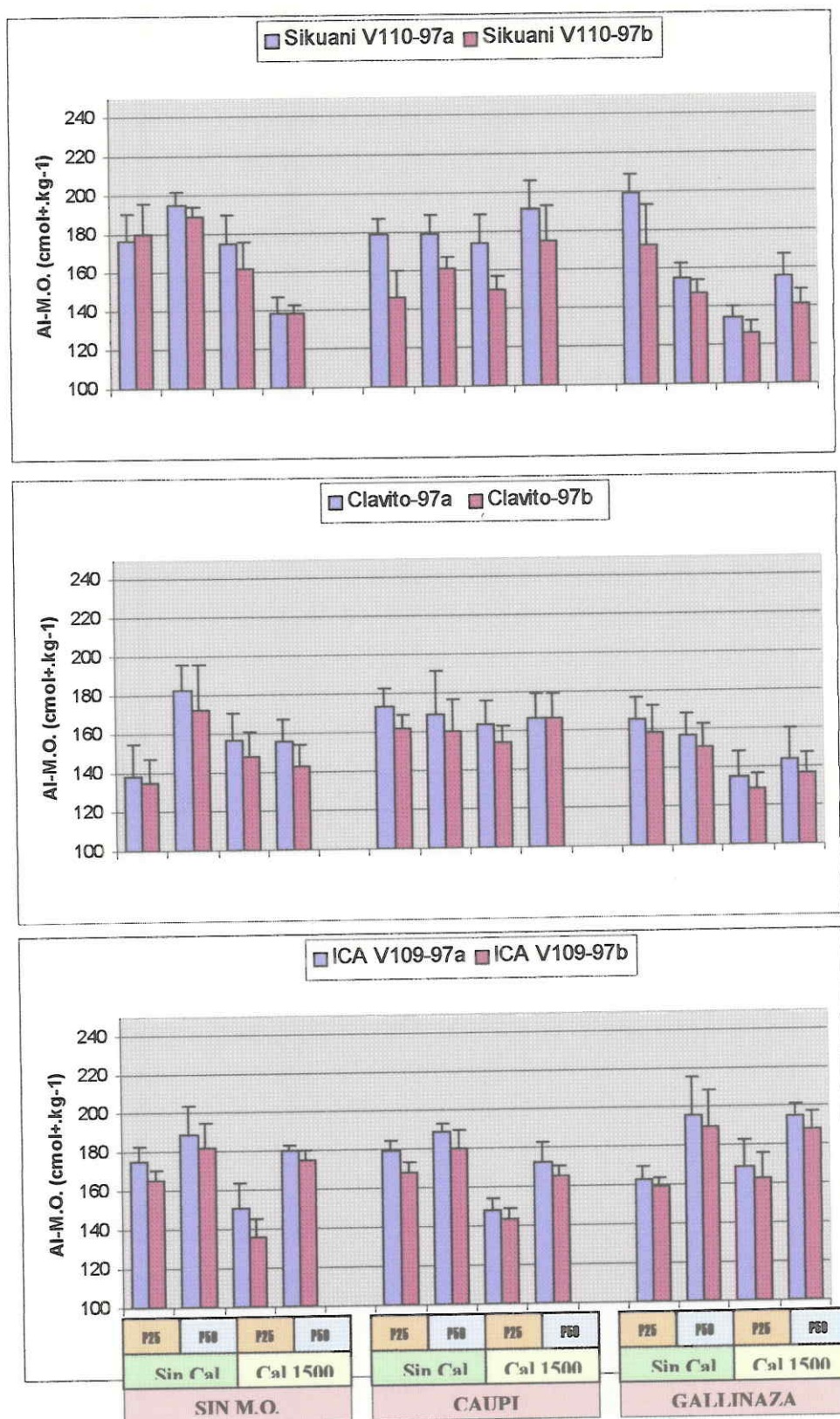


Figura 1. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el aluminio unido a la materia orgánica en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

por parte de algunos ácidos orgánicos como los grupos fenólicos e hidroxílicos, presentes en el caupí y gallinaza, no detectados con la metodología para determinar el aluminio unido a la materia orgánica(Al-M.O.).

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de P en el suelo por efecto de las dosis de cal utilizadas; sin embargo, los resultados de la Figura 2, permiten evidenciar que se presentó mayor P en el suelo con la aplicación de 1500 kg.ha⁻¹ de cal. De otra parte, se encontraron mayores contenidos de este nutrimento en el suelo con la aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de P, efecto que fue más notorio en el testigo sin materia orgánica y con el uso del caupí en los dos semestres de evaluación.

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 10 y 11), se encontró que los mayores contenidos de P en el suelo (14.9 y 23.0 mg.kg⁻¹), se obtuvieron con la aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de P, valores que superaron estadísticamente a los encontrados con la aplicación de 25 kg.ha⁻¹ de P (11.0 y 19.3 mg.kg⁻¹) en primero y segundo semestre respectivamente.

El pH y el Al intercambiable, guardan una relación inversa, mientras el pH es menor en el primer semestre los contenidos de Al son mayores, esta relación se invierte en el segundo semestre de evaluación. Lo anterior se debe a que en suelos ácidos minerales, la acidez del suelo depende en un mayor porcentaje de la presencia de Al que, por hidrólisis, aporta H⁺ a la solución del suelo e incrementa así la acidez de acuerdo a lo descrito por Espinosa (1994) y Garavito (1979). Se detectó que las mayores variaciones de estas dos variables, se deben principalmente a la aplicación de 1500 kg.ha⁻¹ de cal y al uso de materiales orgánicos principalmente gallinaza; este efecto es más evidente en el segundo semestre debido a la residualidad de estos materiales, lo que permitió encontrar menores contenidos de Al intercambiable y mayores valores de pH en el suelo (Figuras 3 y 4). No se encontraron diferencias significativas en estas variables, con el uso de las dosis de fósforo, pero sí debido a las variedades utilizadas. (Anexos 16, 25 y 26).

Los valores de pH en el suelo fluctuaron entre 4.5 y 5.5 para el primer semestre, mientras para el segundo, su fluctuación estuvo entre 4.7 y 5.1 (Figura 3). En la Figura 4, se observa que el aluminio intercambiable es menor en el segundo semestre con valores que

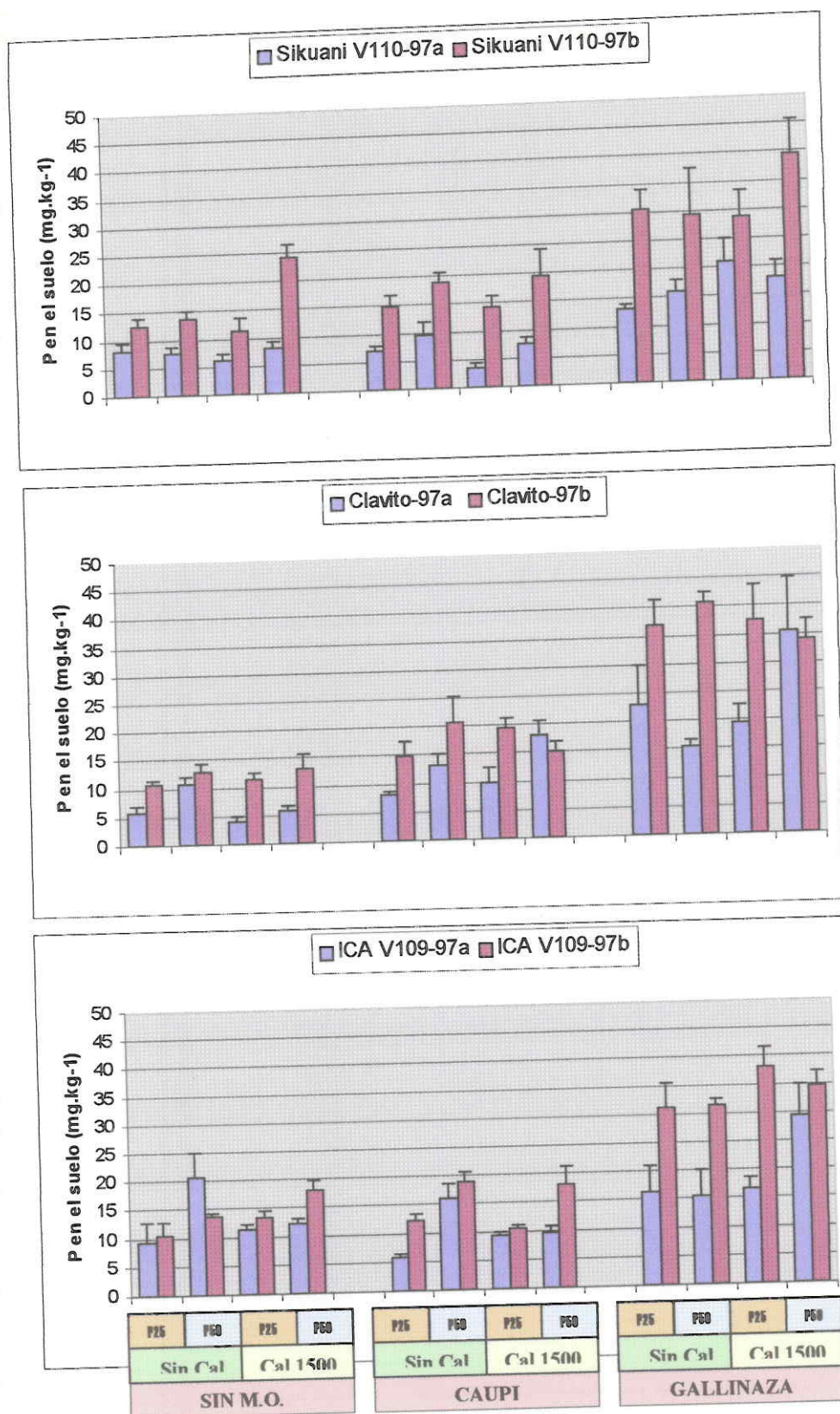


Figura 2. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de P en el suelo (mg.kg^{-1}) en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

oscilan entre 0.0 y 1.05 ($\text{cmol}^+.\text{kg}^{-1}$), comparados con 0.50 y 1.51 ($\text{cmol}^+.\text{kg}^{-1}$) obtenidos en el primer semestre de evaluación.

Las variedades donde mayor pH del suelo se presentó fueron ICA V 109 (4.9 y 5.0) y Clavito (4.9 y 5.0), mientras Sikuaní presentó los pH más bajos en el suelo (4.8 y 4.9) en los dos semestres de evaluación. Así mismo, se encontró que con Sikuaní V 110 se obtuvo el mayor contenido de aluminio intercambiable en el suelo ($0.43 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$) en el segundo semestre, valor este, superior estadísticamente al encontrado con ICA V 109 ($0.31 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$) y con Clavito ($0.35 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$). Estos efectos pueden ser originados, posiblemente, por algunos mecanismos en el sistema radicular de las variedades tolerantes que originan la liberación de ciertos ácidos los cuales acomplejan y mantienen fuera de la planta el aluminio intercambiable el cual, parece ser, es detectado por el extractante utilizado.

Los resultados que aparecen en las Figuras 3 y 4 y los Anexos 3 y 13, indican que la aplicación de materiales orgánicos incrementaron el pH y redujeron el Al intercambiable, especialmente cuando se usó gallinaza y se aplicó $1500 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de cal. En los Anexos 6 y 7, se observa que en promedio la gallinaza presentó, en los dos semestres, valores de pH de 5.0 y 5.0 los cuales difieren estadísticamente de los encontrados con caupi (4.8 y 4.9) y testigo sin M.O (4.8 y 4.9) en los dos periodos de evaluación. De otra parte, el Al intercambiable fue menor con la adición de gallinaza (0.81 y $0.15 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$), mientras con caupi se obtuvieron valores de 1.12 y $0.47 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$ y el testigo sin materia orgánica (1.1 y $0.47 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$) en los dos semestres en forma respectiva.

En los Anexos 8 y 9, se observa que con la aplicación de dosis de $1500 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de cal, se presentaron los valores más bajos de Al intercambiable (0.8 y $0.06 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$), los cuales difieren estadísticamente de 1.2 y $0.67 \text{ cmol}^+.\text{kg}^{-1}$, encontrados en primero y segundo semestre con el testigo sin aplicación de cal. Efecto inverso se encontró con el pH.

En los anteriores resultados, es importante resaltar la interacción positiva sobre la neutralización de Al por parte de la cal y las fuentes orgánicas, principalmente la gallinaza, lo cual muestra un efecto complementario de estas sobre esta variable. De acuerdo con Alter y Mitchell (1992), este efecto es debido a la precipitación del aluminio por incrementos en el pH y a un posible acomplejamiento por la materia orgánica.

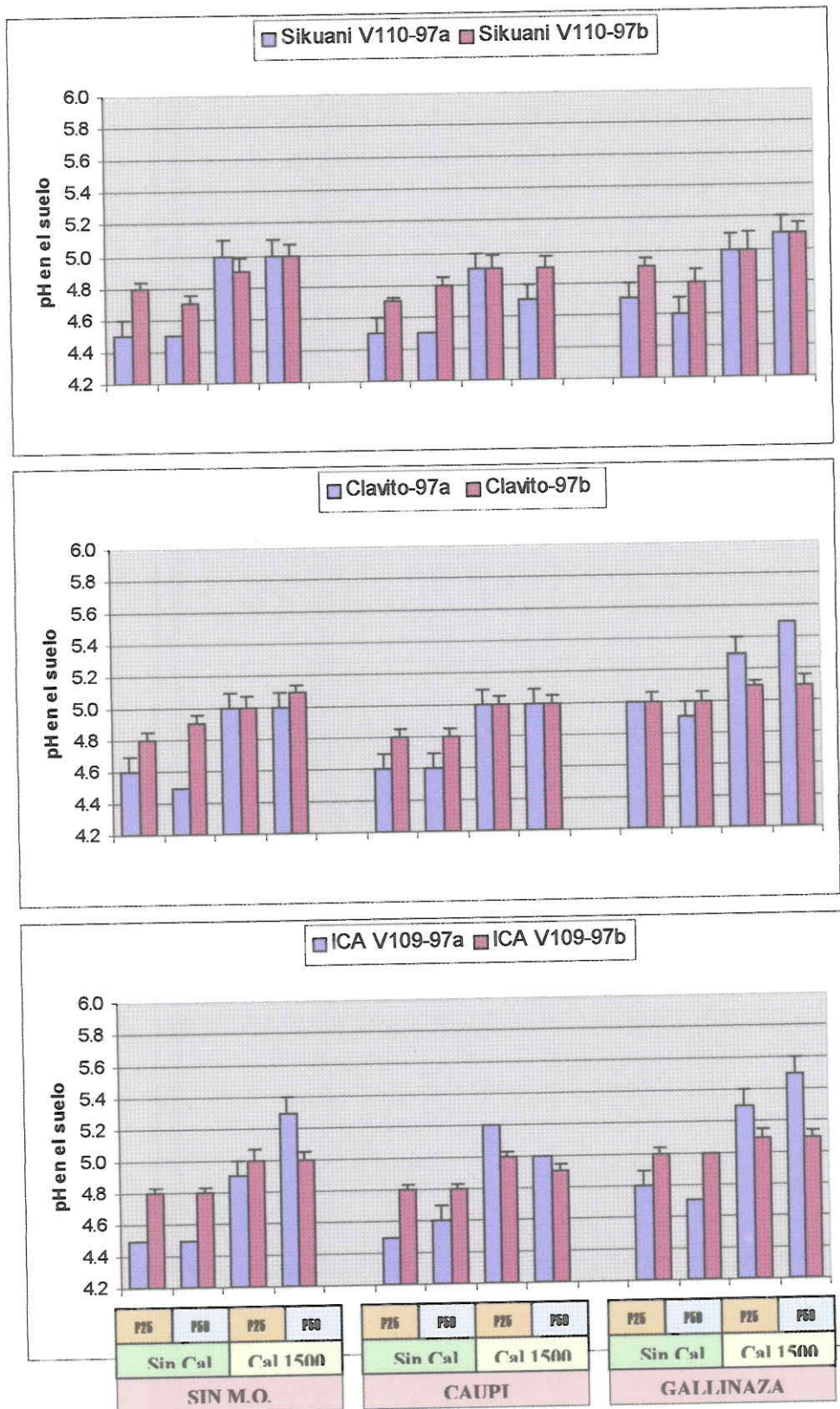


Figura 3. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el pH del suelo, en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

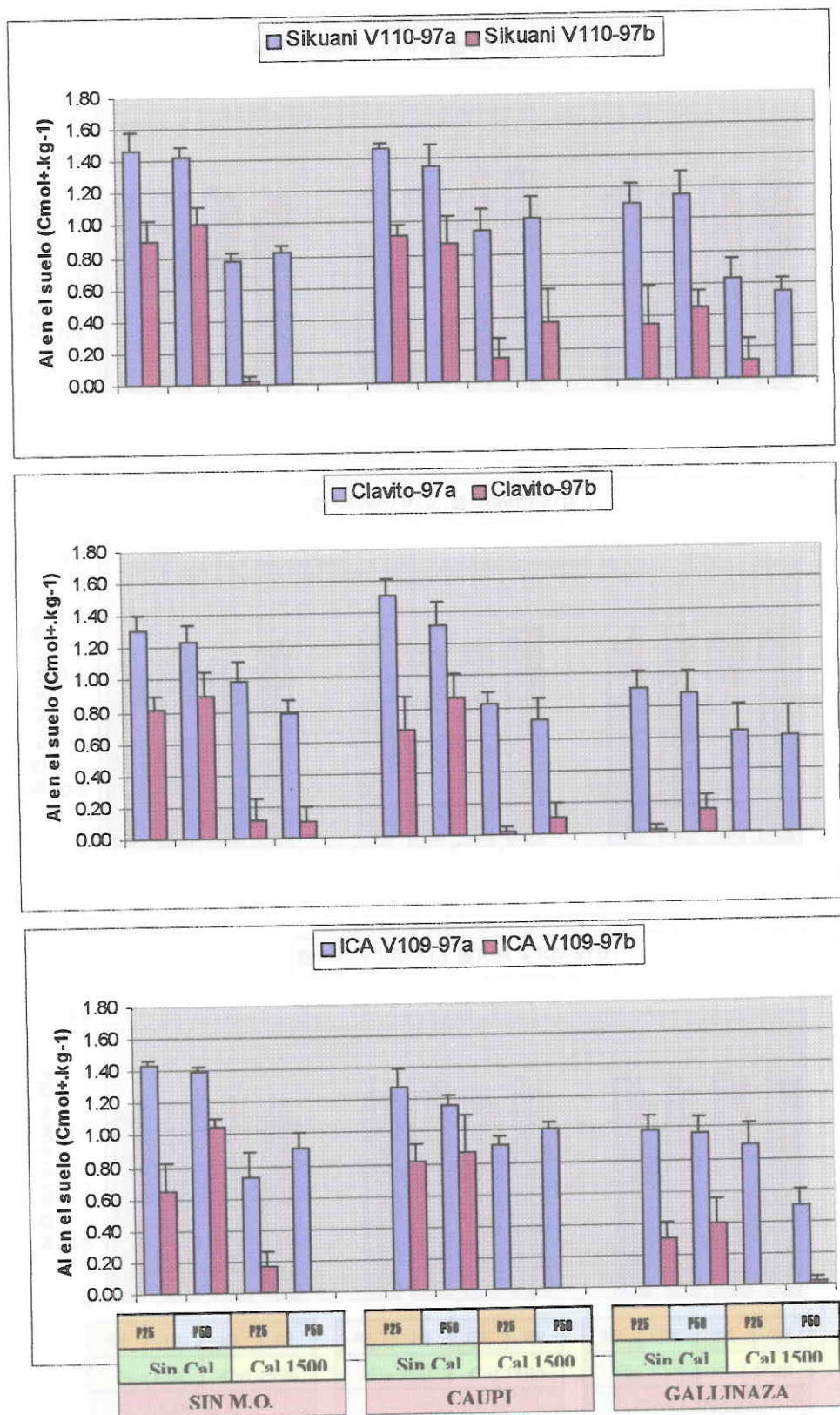


Figura 4. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Al en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

Es importante reseñar que gran parte de los efectos presentados pueden ser originados, también, por las cantidades de Ca CO_3 aplicado con la gallinaza (Tabla2)

El contenido de materia orgánica en el suelo (%), presentó una tendencia similar en los dos semestres de evaluación. Esta fue afectada principalmente por las fuentes orgánicas utilizadas. No se encontraron diferencias significativas debido a las variedades, dosis de cal y fósforo (Anexos 3, 12 y 13). En general, los contenidos de materia orgánica encontrados en el suelo son bajos (<2.0%), con rangos entre 1.6 y 1.9 % en los dos semestres de evaluación. De acuerdo con las pruebas de comparación de medias, para los materiales orgánicos utilizados, la gallinaza presentó los mayores valores de materia orgánica en el suelo con valores de 1.8 y 1.8% para primero y segundo semestre respectivamente, le sigue los tratamientos donde se aplicó caupi con 1.7 y 1.7 % para los mismos periodos y por ultimo el testigo sin aplicación de materia orgánica con 1.6 y 1.6 % respectivamente.

Los leves incrementos de la materia orgánica en el suelo, están relacionados con los aportes dados por cada una de las fuentes utilizadas (5 t.ha⁻¹ de materia seca por semestre), las cuales se pueden encontrar aun en etapas medias de descomposición en la época de muestreo (60-80 días después de la incorporación). De acuerdo con Spain citado por Delgado (1997), en las sabanas de los Llanos Orientales existe una tasa de descomposición alta para algunos materiales orgánicos como el caupi, los cuales se mineralizan totalmente después de 100 días. De otra parte Salamanca (1998), señala un aumento de la población y actividad microbial, principalmente de bacterias, hongos y actinomicetos en este tipo de suelos al adicionar diferentes tipos de materiales orgánicos y al mejorar la fertilidad del suelo mediante el uso de abonos inorgánicos. Los mayores incrementos de materia orgánica en el suelo con la gallinaza, nos pueden indicar que a pesar de tener una relación C/N más baja (Tabla 2), presenta un mayor porcentaje de residuo fijo que estaría, posiblemente, siendo menos afectado por los microorganismos del suelo (Figura 5).

La variable capacidad de intercambio cationico (C.I.C.E.) ($\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$), presentó mayores valores en el segundo semestre de estudio. Así mismo, se encontró diferencias por efecto de las variedades; mientras en el primer semestre la mayor C.I.C.E. en el suelo se obtiene con la variedad Sikvani, en el segundo se obtiene con la variedad ICA V 109.

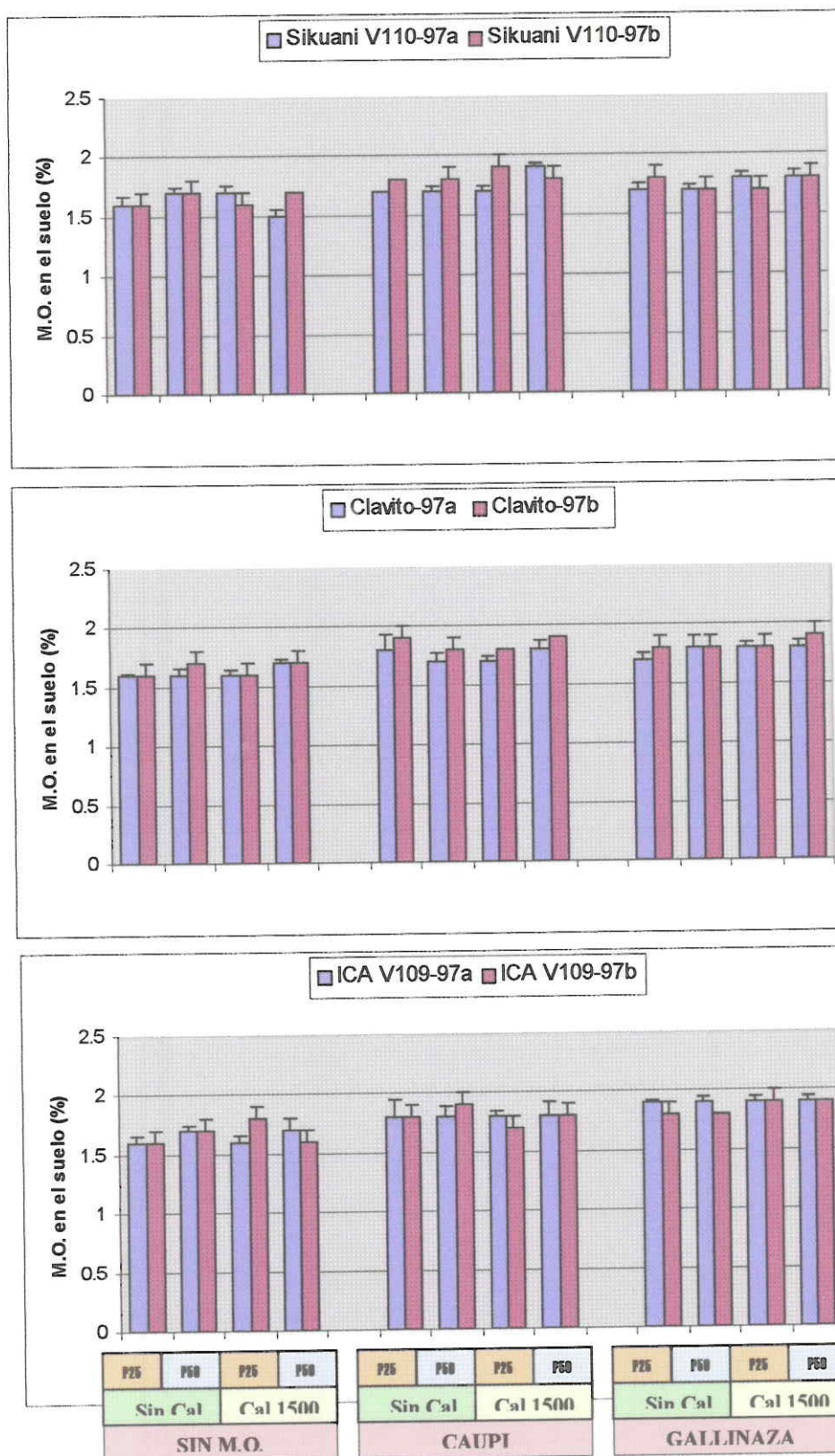


Figura 5. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de M.O. en el suelo (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

De otra parte, se encontró solo efectos significativos, sobre esta variable, a nivel de fuentes orgánicas, principalmente gallinaza, en el segundo semestre de estudio. (Figura 6). (Anexos 3, 4 y 5).

De acuerdo con las pruebas de comparación de medias para las variedades (Anexos 4 y 5), se puede observar que los valores de C.I.C.E. presentados por Sikvani en el primer semestre ($1.85 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), varían significativamente de los obtenidos por Clavito ($1.62 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), e ICA V 109 ($1.59 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Para el segundo semestre, el mayor valor de C.I.C.E. ($2.82 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), lo presentó la variedad ICA V109, variando estadísticamente con la C.I.C.E. encontrada con las variedades Clavito con $2.69 \text{ (cmol}^+ \text{ kg}^{-1})$, y Sikvani con $2.62 \text{ (cmol}^+ \text{ kg}^{-1})$.

A nivel, de materiales orgánicos, el comportamiento promedio de acuerdo con los anexos 6 y 7, para esta variable, permite observar que en el primer semestre los valores de C.I.C.E. con gallinaza, caupí y testigo sin materia orgánica fueron de $1.79 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, $1.64 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ y $1.62 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, mientras en el segundo semestre, estos valores fueron de $2.93 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ para la gallinaza, $2.68 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ para caupi y $2.52 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, para el testigo sin materia orgánica. No se observaron diferencias estadísticas por la aplicación de cal y fósforo. Sobre este aspecto, se puede indicar que resultados similares sobre el incremento de la C.I.C.E por la aplicación de la materia orgánica al suelo, han sido reportados por Rodríguez et.al., (1998), Ahmad y Tan (1986), Espinosa (1994), Chen y Aviad (1990).

Los contenidos de calcio y magnesio en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), fueron afectados principalmente por la aplicación de cal y fuentes orgánicas principalmente gallinaza. No se presentaron efectos significativos en los dos semestres por efectos de las variedades de maíz ni por las dosis de fósforo aplicadas (Anexos 3, 12 y 13).

A nivel de semestres, se encontraron menores valores de estas bases intercambiables en el segundo semestre debido, posiblemente, a una mayor pérdida de estos por efectos de lixiviación y escorrentía causadas por las altas precipitaciones en la región (3500 mm/año)

En la Figura 7, se encuentran los resultados obtenidos para el contenido de Ca en el suelo y se puede observar, que los mayores contenidos de este nutriente, se presentaron

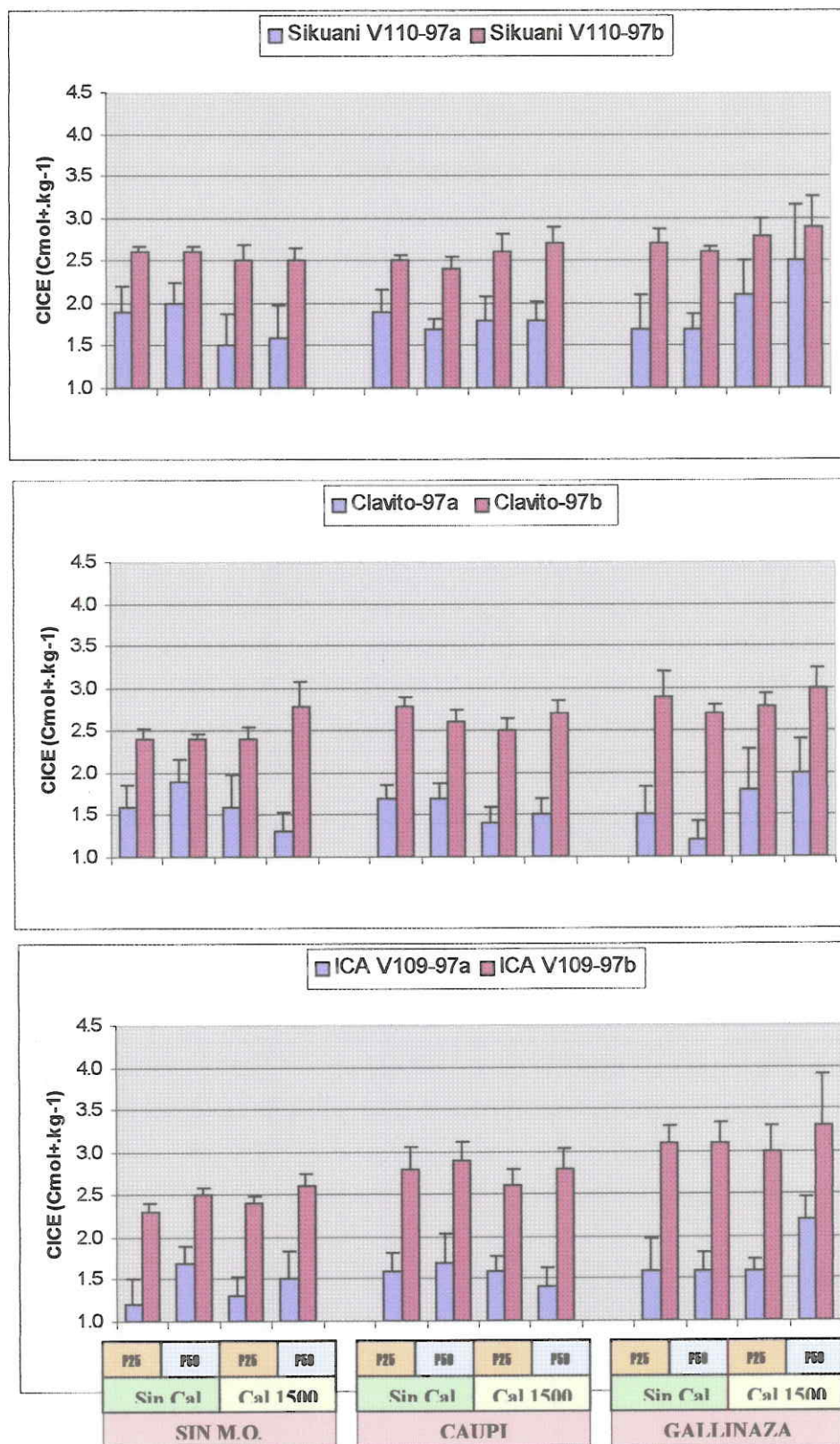


Figura 6. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la CICE del suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

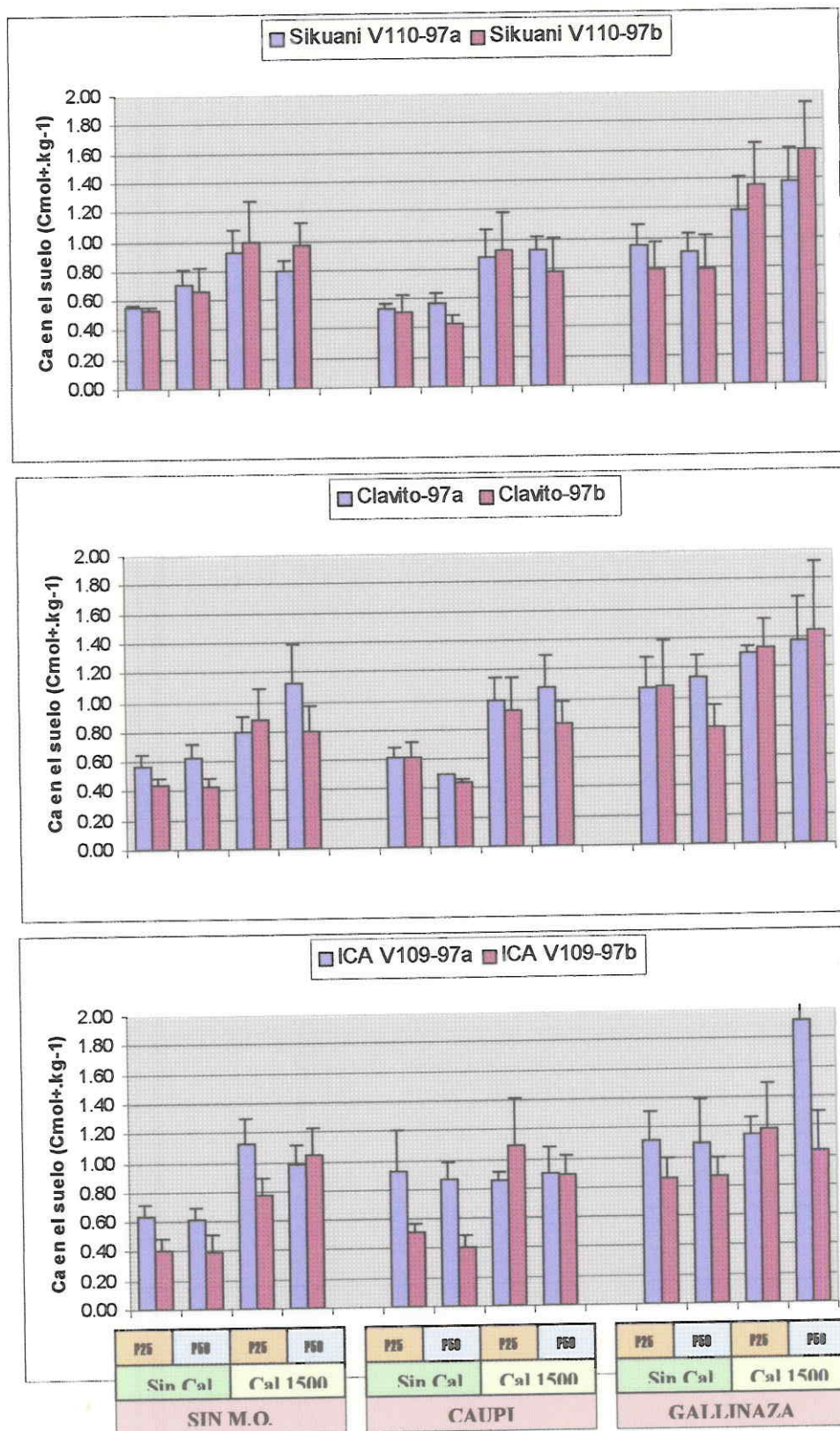


Figura 7. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Ca en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

con el uso de gallinaza en los dos semestres. Con el uso del caupi, se obtuvieron valores de calcio en el suelo más bajos que en el testigo sin materia orgánica en la variedad Sikuani. De otra parte, las dosis de $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal incrementaron significativamente los contenidos de calcio en el suelo en las tres variedades y con todas las fuentes orgánicas. En los anexos 4 y 5, se puede observar que los valores de Ca en el suelo obtenidos de acuerdo al promedio de las variedades presentaron valores de 0.87, 0.93 y $1.01 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los tratamientos donde se sembró Sikuani, Clavito e ICA V109 respectivamente en el primer semestre y 0.86, 0.83 y $0.79 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ para estas mismas variedades en el segundo semestre.

Los mayores contenidos de calcio en el suelo, de acuerdo al promedio general por fuentes orgánicas, se encontraron con la gallinaza (1.20 y $1.09 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en primero y segundo semestre, valores estos que difieren estadísticamente a los obtenidos con caupí (0.80 y $0.69 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) y testigo sin materia orgánica (0.79 y $0.69 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los mismos periodos de evaluación (Anexos 6 y 7). De otra parte, en los anexos 8 y 9, se encuentra que los mayores contenidos de calcio en el suelo se obtuvieron con la adición de $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal con valores de 1.09 y $1.04 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, en primero y segundo semestre respectivamente, estos valores difieren estadísticamente de los obtenidos con el testigo sin cal (0.77 y $0.61 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)

En la Figura 8, aparecen los resultados obtenidos para el Mg ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en el suelo de acuerdo con los tratamientos evaluados. En términos generales, se observa una ligera disminución del magnesio en el segundo semestre en todos los tratamientos. Así mismo, se observa que los mayores contenidos de magnesio en el suelo se presentaron en las dosis de $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal en todas las variedades y con todos materiales orgánicos en los dos semestres. Solo en el primer semestre se observaron incrementos significativos de magnesio en el suelo con la aplicación de gallinaza en las tres variedades evaluadas

De acuerdo a la prueba de comparación de medias para los materiales orgánicos (Anexo 6), se observa que el mayor valor de Mg en el suelo, se encuentra con el uso de la gallinaza con $0.37 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor que difiere estadísticamente del obtenido por caupí ($0.33 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) y testigo sin materia orgánica ($0.34 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$). En los anexos 8 y 9 se puede observar que los mayores contenidos de magnesio en el suelo (0.45 y $0.32 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$), fueron obtenidos con la aplicación de $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal, resultados que

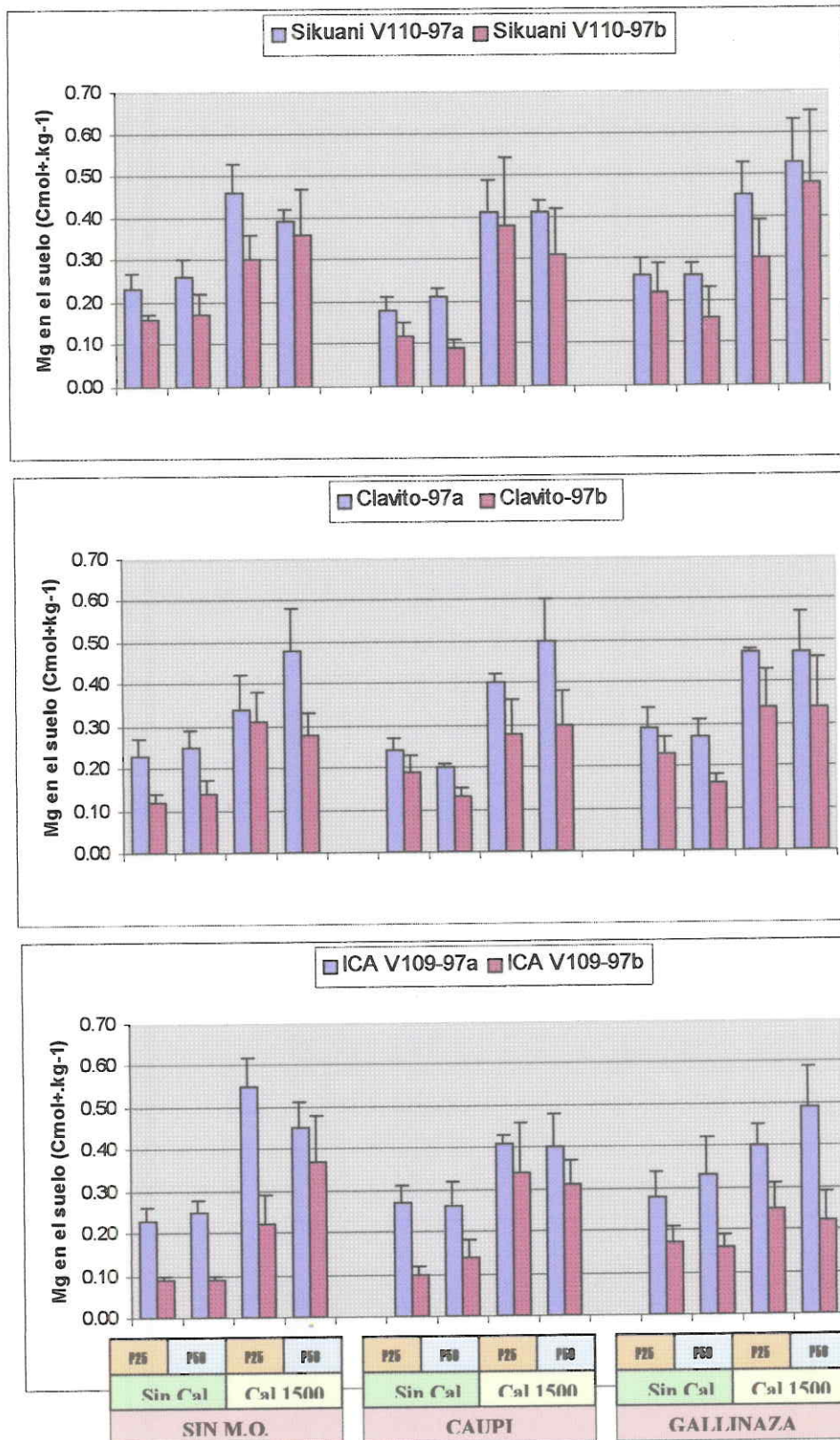


Figura 8. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mg en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

difieren estadísticamente de los obtenidos por el testigo sin cal (0.25 y $0.15 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$) en primero y segundo semestre respectivamente.

Con relación al contenido de potasio en el suelo ($\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$), se encontró, que este nutrimento fue afectado significativamente por las variedades de maíz y las fuentes orgánicas utilizadas. No se presentaron diferencias por efecto de las dosis de cal y fósforo. (Figura 9) (Anexos 4 y 5).

Los valores promedios del potasio en el suelo con respecto a las variedades utilizadas, permitieron observar que el mayor contenido de potasio ($0.17 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$), se obtiene en la variedad ICA V109, valor que difiere estadísticamente de los contenidos encontrados con Clavito ($0.13 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$) y Sikuaní ($0.13 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$) en el primer semestre. En el segundo semestre, los mayores contenidos de potasio en el suelo, se obtienen con el Sikuaní ($0.11 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$), variando significativamente de los valores obtenidos con Clavito ($0.09 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$) e ICA V109 ($0.06 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$).

En todos los casos, el contenido de potasio en el suelo fue mayor con el uso de la gallinaza; los mayores valores para esta variable ($0.18 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$ y de $0.10 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$), se obtienen con la aplicación de gallinaza en primero y segundo semestre respectivamente, estos valores difieren significativamente de los obtenidos con Caupí ($0.13 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$ y $0.08 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$) y testigo sin M.O. ($0.12 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$ y $0.07 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$).

El contenido de Fe en el suelo ($\text{mg}.\text{kg}^{-1}$), sólo es afectado significativamente por las fuentes orgánicas utilizadas en el primer semestre. Para el segundo semestre se encuentran diferencias significativas para las interacciones entre materiales orgánicos con dosis de cal y materiales orgánicos con las dosis de fósforo (Anexos 3, 12 y 13).

En la Figura 10, se observa que los contenidos de Hierro (Fe) en el suelo son menores en el segundo semestre en todos los tratamientos. La aplicación de materiales orgánicos especialmente gallinaza, reduce los contenidos de Fe en el suelo. De esta forma se observa en los anexos 6 y 7, que los mayores valores encontrados en esta variable en el primer semestre, se encuentran con el testigo sin materia orgánica ($125 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$), seguido por el caupí ($122 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$), valores estos que difieren significativamente de los obtenidos con gallinaza ($106 \text{ mg}.\text{kg}^{-1}$),

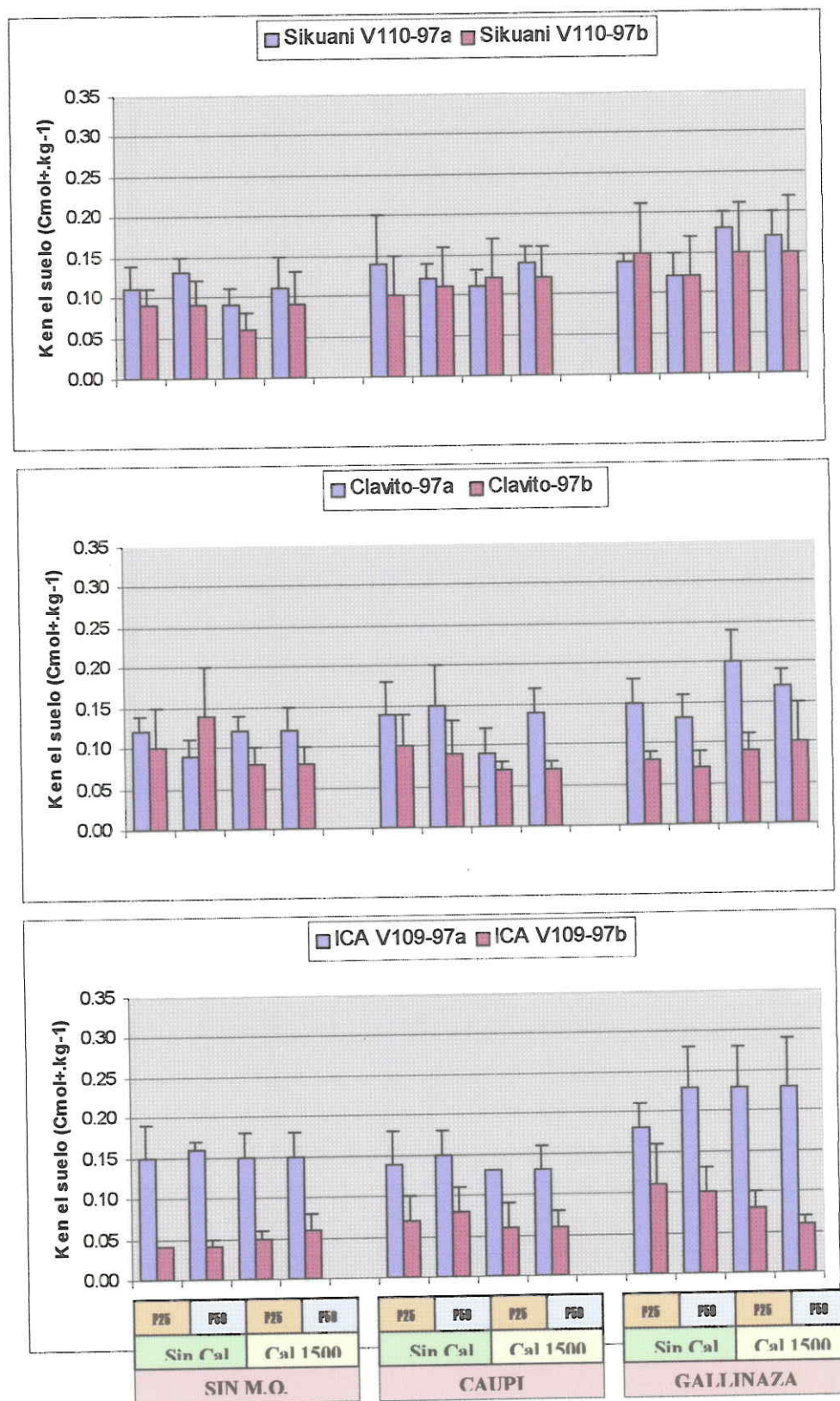


Figura 9. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de K en el suelo ($\text{cmol}^+ \text{kg}^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

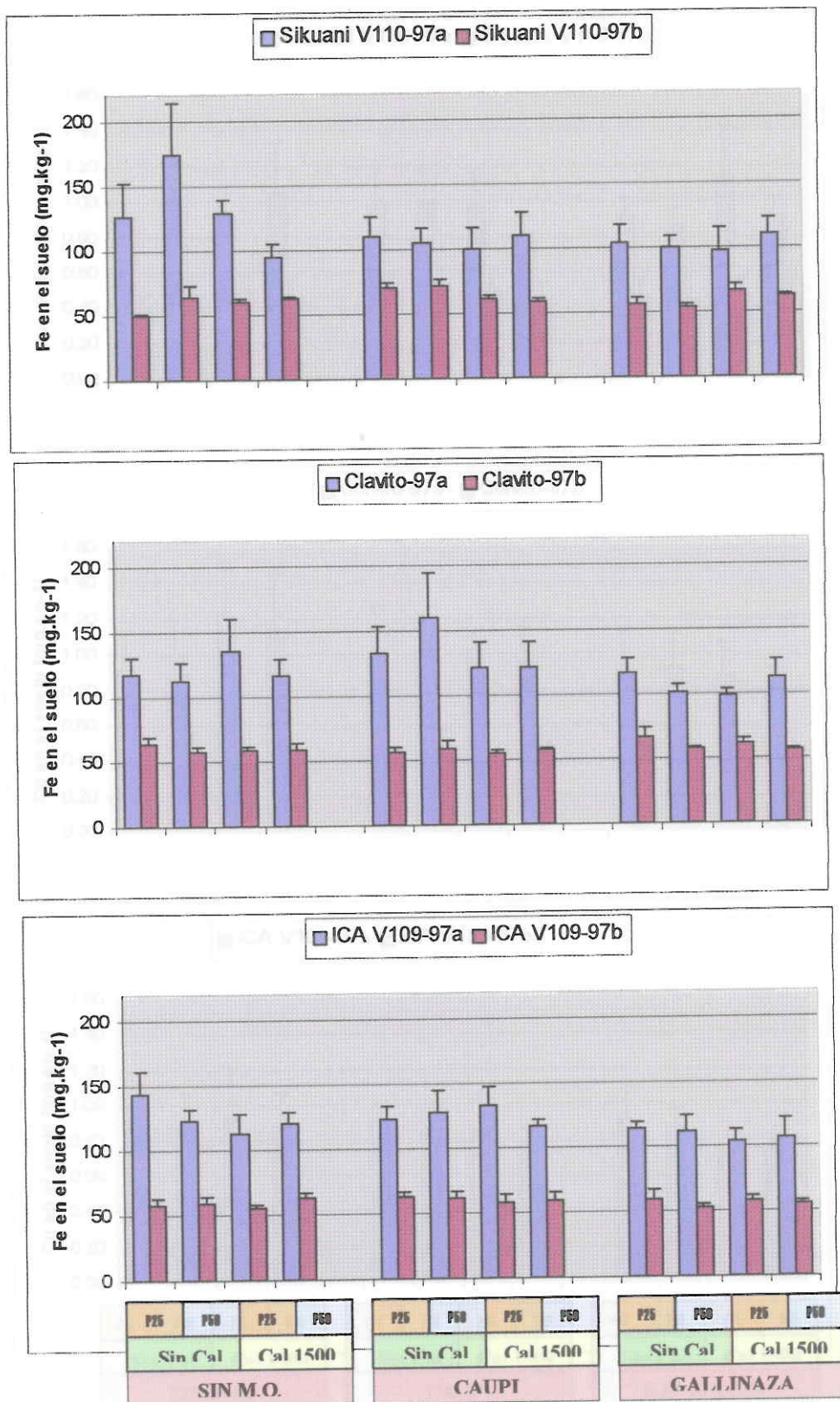


Figura 10. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Fe en el suelo (mg.kg^{-1}), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

En el segundo semestre se observa una tendencia similar principalmente en las variedades Sikuaní e ICA V109 pero sin que existan diferencias significativas. Los contenidos promedios de este semestre para el testigo sin M.O. el caupí y la gallinaza son de 59.6, 61.1 y 59.1 mg.kg^{-1} , respectivamente.

El contenido de cobre en el suelo (mg.kg^{-1}), presentó diferencias significativas y altamente significativas para el primero y segundo semestre respectivamente por efecto de las variedades utilizadas tal como se puede observar en las pruebas de significancia y contrastes ortogonales para esta variable (Anexos 3, 12 y 13).

En la Figura 11, se puede observar la respuesta de esta variable a los tratamientos evaluados en los dos semestres. En forma general, se encontró que existe menos cobre en el suelo en el segundo semestre.

Las pruebas de comparación de medias, para las variedades utilizadas, muestran que los mayores contenidos de este elemento en el suelo se presentan con la variedad Sikuaní y Clavito con 0.96 y 0.98 mg.kg^{-1} , en el primer semestre y de 0.47 mg.kg^{-1} , y 0.43 mg.kg^{-1} , en el segundo semestre respectivamente, valores que difieren significativamente de los obtenidos con la variedad ICA V109 en los dos semestres (0.86 y 0.39 mg.kg^{-1}), (Anexos 4 y 5). La aplicación de gallinaza tiende a disminuir los contenidos de Cu en el suelo, efecto que no presentó diferencias significativas en los dos semestres (Anexos 3, 12 y 13).

Los contenidos de Fe y Cu son más bajos con el uso de la gallinaza debido posiblemente a complejos órgano minerales no detectados por los análisis químicos realizados que acomplejan e inmovilizan estos nutrimentos.

Sobre el contenido de manganeso en el suelo (mg.kg^{-1}), se encontraron mayores contenidos de Mn en el segundo semestre. De otra parte, el efecto más notorio está en la dosis de cal principalmente en el primer semestre ya que los contenidos de Mn en el suelo disminuyeron con la dosis de 1500 (kg.ha^{-1}) de cal en comparación con los tratamientos sin cal, especialmente con el uso del caupí. (Figura 12), (Anexos 3 12 y 13).

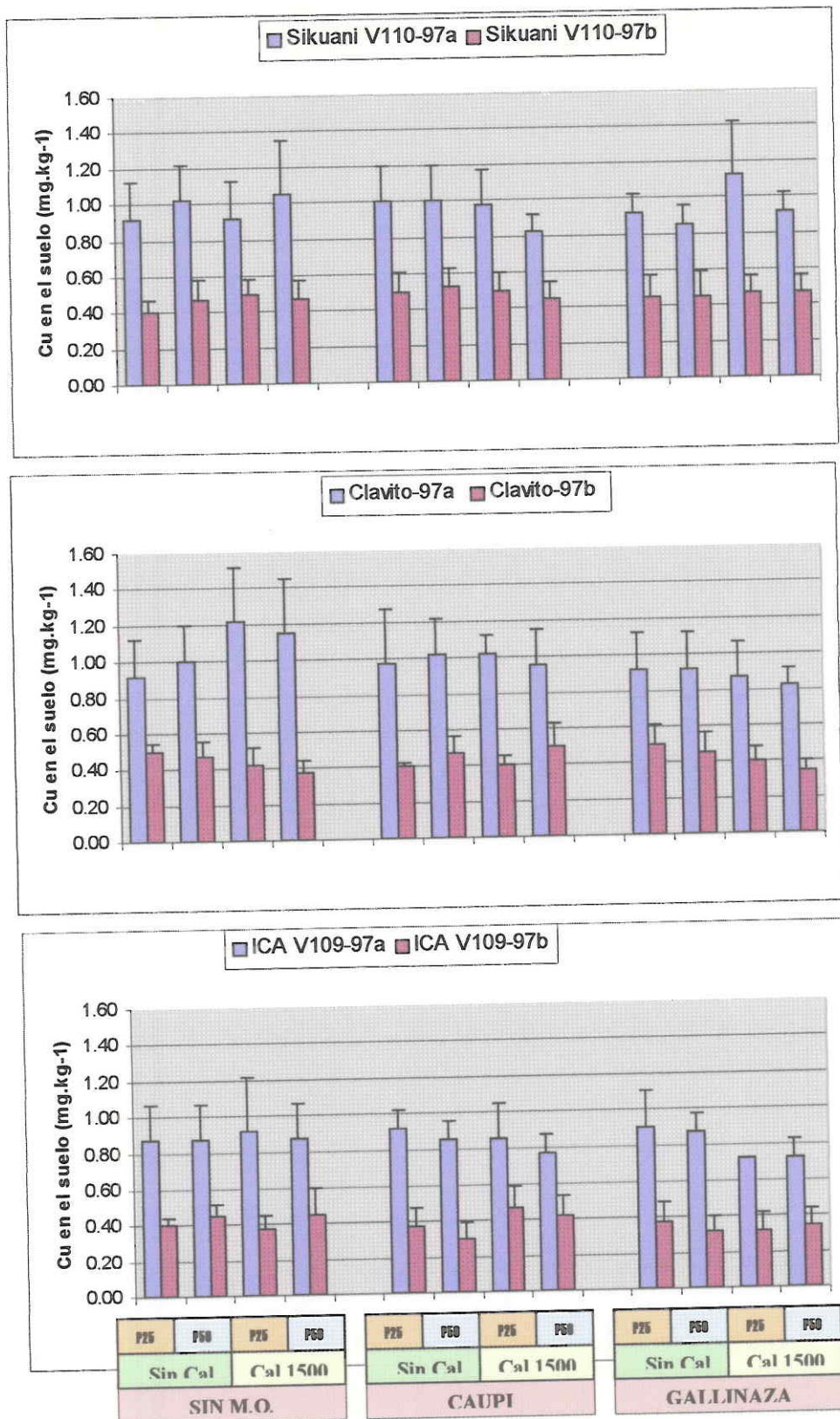


Figura 11. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Cu en el suelo (mg.kg^{-1}), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

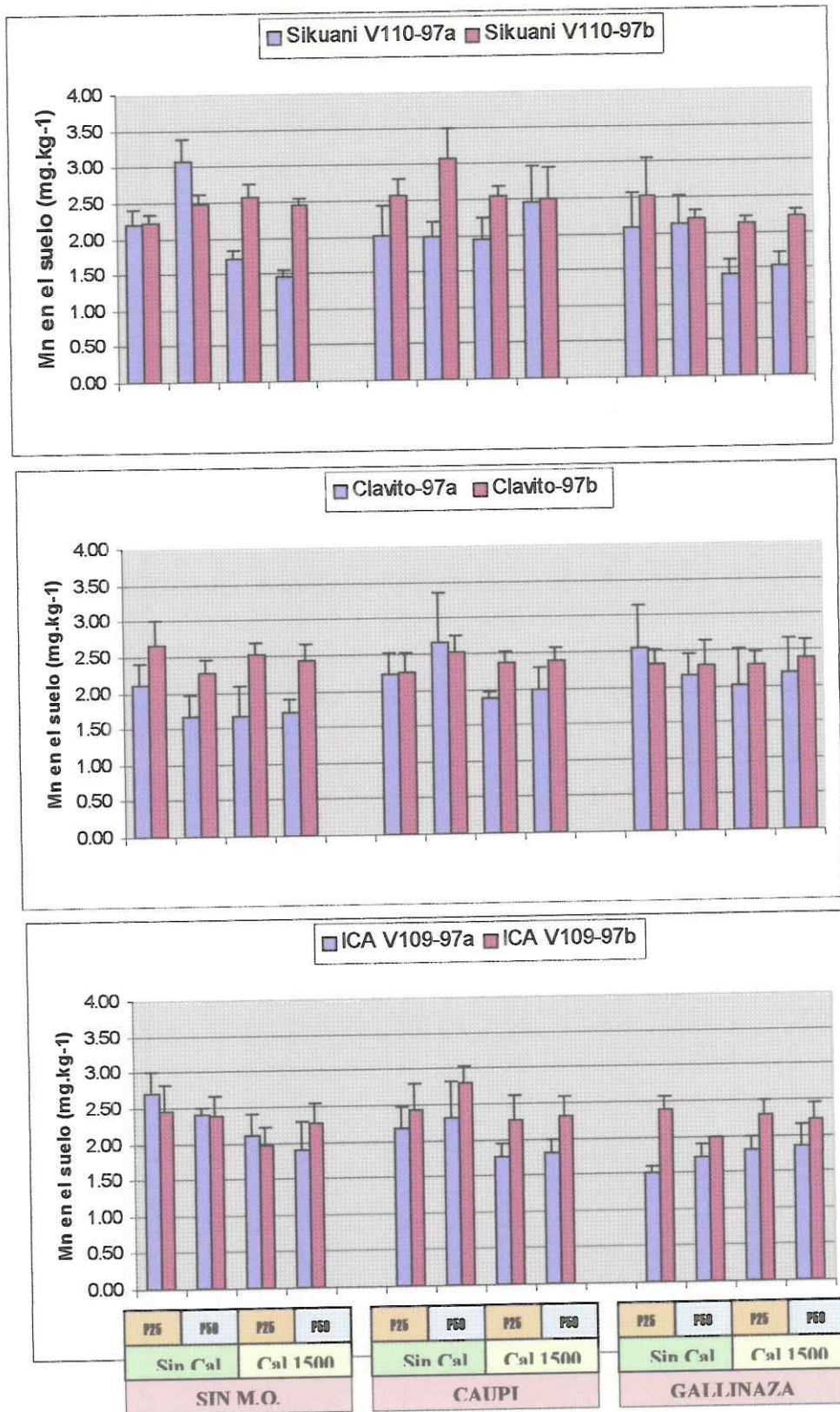


Figura 12. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mn en el suelo (mg.kg^{-1}), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

El comportamiento general del contenido de Mn en el suelo de acuerdo al promedio por fuentes orgánicas (Anexo 6 y 7), permite observar que en el primer semestre, los resultados para gallinaza, caupi y testigo sin materia orgánica. son de 1.91, 2.10 y 2.06 (mg.kg^{-1}), valores que no difieren estadísticamente entre sí, mientras para el Segundo semestre el uso del caupi es el que presenta los mayores contenidos de Mn en el suelo (2.50 mg.kg^{-1}), valor que difiere estadísticamente de los encontrados con gallinaza y testigo sin M.O. (2.27 y 2.38 mg.kg^{-1}), respectivamente.

A nivel de dosis de cal, los resultados de los anexos 8 y 9, permiten observar que el menor valor de Mn en el suelo en el primer semestre (1.8 mg.kg^{-1}) es obtenido con 1500 kg.ha^{-1} de cal el cual difiere estadísticamente del obtenido con el testigo sin cal (2.2 mg.kg^{-1}).

Con relación al Zinc, se observa un menor contenido de este, en el suelo, en el segundo semestre en todos los tratamientos (Figura 13). Mientras en el primer semestre los valores fluctúan entre 0.75 a 1.22 mg.kg^{-1} , en el segundo semestre los contenidos varían entre 0.15 y 0.80 mg.kg^{-1} . Así mismo, los contenidos de Zn en el suelo solo presentaron diferencias a nivel de variedades para el segundo semestre, donde los mayores contenidos en el suelo se presentaron con la siembra de la variedad ICA V109 especialmente con la adición de la gallinaza.

Los anteriores resultados, sobre el contenido de nutrientes en el suelo, permitieron determinar que los elementos más afectados por los tratamientos evaluados fueron el P, pH, Al, C.I.C.E. Ca, Mg, K, Fe y Mn. Los coeficientes de variación y los r^2 obtenidos para estas variables, presentaron valores adecuados lo cual permite una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Los mayores efectos sobre el contenido de nutrientes en el suelo fueron, principalmente, por efecto de los materiales orgánicos y dosis de cal y en menor proporción por las variedades y dosis de P utilizadas.

En términos generales, se observa, en los resultados obtenidos en este trabajo, un efecto complementario entre la cal el P y sobre todo los materiales orgánicos utilizados lo cual permite incrementar en el suelo los contenidos de P, Ca, Mg, K, C.I.C.E y el pH; así

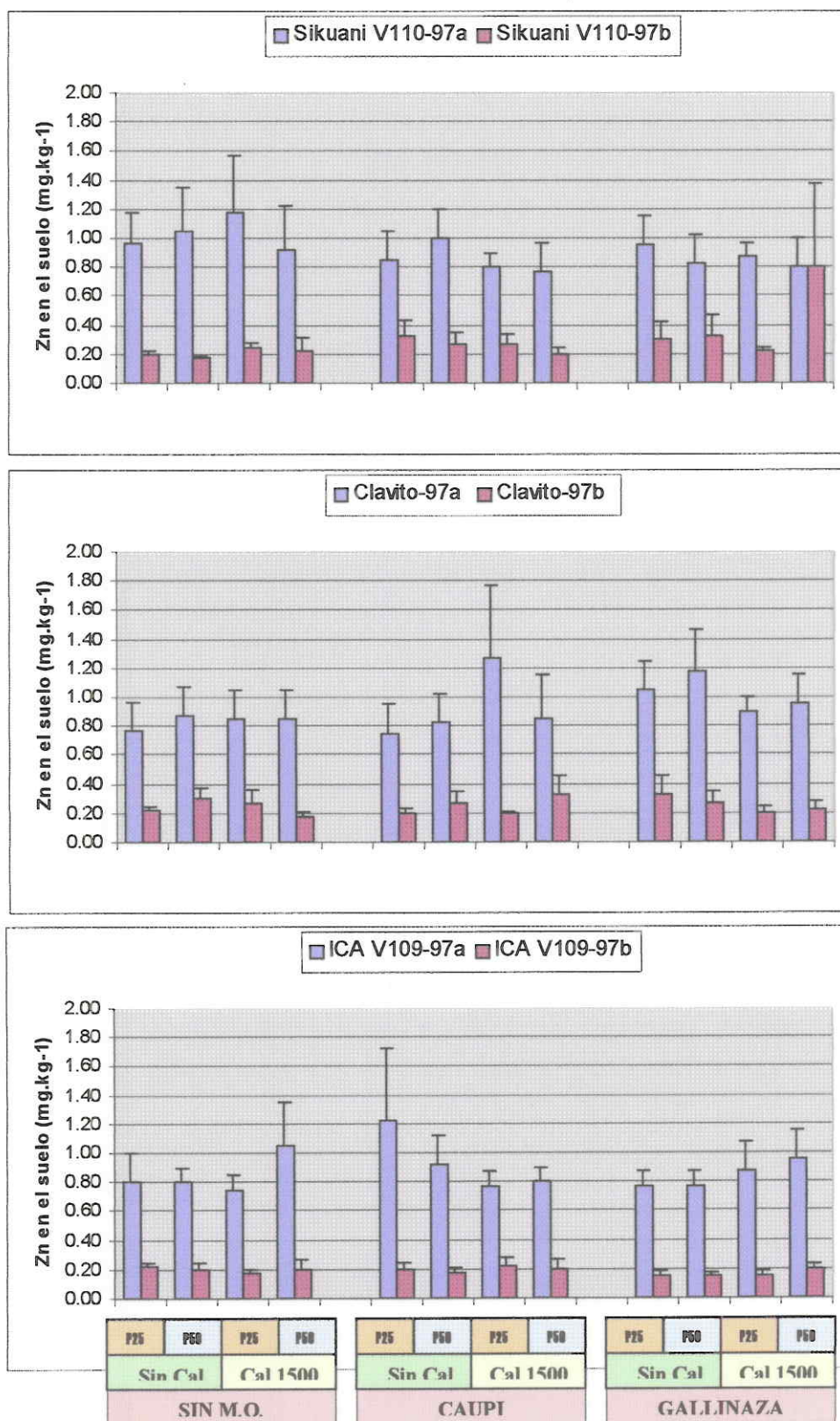


Figura 13. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Zn en el suelo (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

mismo, se reducen los contenidos de Al, Fe y Mn en forma significativa. Este efecto mejora la productividad de las tres variedades de maíz donde el efecto más evidente se encuentra sobre la variedad ICA V 109, susceptible al Al.

Con base en los anteriores resultados se puede evidenciar que la disminución de la toxicidad del aluminio puede ser originada, también, por el incremento en la concentración de otros cationes como las bases intercambiables tal como lo han reportado investigaciones realizadas por Vidal y Broyer citados por Person y Adams (1967). Ellos encontraron toxicidad de aluminio en maíz con concentraciones de aluminio desde 148 hasta 630 $\mu\text{mol/L}$ y 0.1 mmol/L, pero la toxicidad desaparecía cuando la concentración de Mg se incrementaba a 10 mmol/L. Resultados similares fueron encontrados por Besso y Bell (1995), los cuales se refieren al efecto de alivio sobre la toxicidad del aluminio por los cationes básicos en la solución del suelo.

Algunos investigadores como Parker et.al; (1988), sugieren que tanto el Al^{+3} como las especies hidroxil alumínicas polinucleares son tóxicas. Besso y Bell (1995) y Witten y Ritchie (1991), encontraron que las formas realmente tóxicas son el Al^{+3} y los monómeros hidroxil-aluminio. Besso y Bell (1995), Witten y Ritchie (1991), Alva et.al; (1986), Masahiko et.al; (1995), complementan lo anterior, al afirmar que las formas complejadas orgánicas e inorgánicas no son tóxicas o son considerablemente menos tóxicas.

Las bondades de la materia orgánica en suelos ácidos a sido descrita por varios investigadores. Entre los principales efectos sobre las propiedades físicas de los suelos, están los estudios realizados por Pla (1994), Suarez (1994), Navas y Chacón (1997). Sobre los efectos en las propiedades químicas se encuentran las investigaciones realizadas por Tamayo et.al; (1997), Gómez (1997), Delgado y Alarcón (1997), Sánchez y López (1983). Sobre los efectos en las características biológicas, se encuentran los estudios realizados por Espinosa (1994), Orozco y Gómez (1994). En términos generales la adición de materiales orgánicos al suelo genera un incremento en la fertilidad y productividad de este.

De acuerdo con los datos obtenidos, la adición de 5 t.ha⁻¹ de caupí ó gallinaza, han logrado reducir, en parte, la toxicidad del aluminio en la solución del suelo debido, posiblemente, a la elevación del pH, lo cual genera polimerización o precipitación del

aluminio (Blamey et.al; 1993), (Mitchell y Alter 1993), incremento del intercambio cationico (Jardine et.al; 1985) y por la coagulación o quelación de complejos orgánicos formados con este, Alter y Mitchel (1992), Ahmad y Tan (1986), Hue y Amien (1989), aspecto que no es muy claro en este trabajo de acuerdo a los resultados obtenidos sobre el aluminio unido a la materia orgánica (Al-M.O.)

La caracterización de los materiales orgánicos (caupí y gallinaza) (Tabla 2), muestran mayores concentraciones de grupo fenólicos que carboxílicos los cuales pueden tener un efecto importante sobre la formación de los complejos orgánicos; al respecto Hargrove y Thomas (1981), Bloom et.al; (1979), Hargrove y Thomas (1984), señalan que la formación de complejos de aluminio con la materia orgánica del suelo, se da por reacción entre el aluminio y los grupos carboxilo y en menor medida con los grupos fenólicos.

Los materiales orgánicos utilizados muestran cantidades apreciables de ácidos húmicos que fueron adicionados en cada semestre (344 kg.ha^{-1} en caupí) y (290 kg.ha^{-1} con gallinaza) (Tabla 2). Estos ácidos, pueden formar complejos insolubles con los iones metálicos como el Al^{+3} modificando su disponibilidad para las plantas. Los ácidos fulvicos forman complejos inorgánicos más solubles con los metales que los formados con los ácidos húmicos a causa de la mayor acidez y su relativo bajo peso molecular (Stevenson, 1982). (Chen y Aviad, 1990). Resultados similares han sido obtenidos por Tan y Binger (1986), al incorporar ácidos húmicos en un cultivo de maíz los cuales disminuyeron el contenido de Al en el suelo, así mismo, Won y Swif (1996), al incorporar ácidos húmicos a un Oxisol y a un Ultisol constataron descenso en la actividad del Al^{+3} y en el aluminio intercambiable.

La disminución del aluminio soluble con la incorporación del caupí y la gallinaza, se puede dar, también, por efecto de adsorción sobre su superficie, complejación con ácidos orgánicos y/o por precipitación cuando el pH del suelo se incrementa por producción de OH^- que son el resultado de la disolución de óxidos de Fe y Mn en condiciones reductoras. Así mismo, por reacción de intercambio de ligandos entre OH^- terminales de óxidos e hidróxidos de Fe y Al que son reemplazados por aniones orgánicos (Hue y Amien, 1989), o por la generación de amoniaco, producto de la descomposición de los materiales orgánicos o por un efecto de los cationes básicos de estos materiales (Besso y Bell, 1995). Resultados similares son reportados por Estrada et.al; (1995), al utilizar

residuos de soya en Oxisoles y Rodríguez et. al, (1998), quien estudio el efecto de siete materiales orgánicos sobre la producción de maíz en un Oxisol y la interacción de estos a nivel de suelo y planta.

6.2. Absorción De Nutrientes Por La Raíz

En los anexos 14 y 15, se presentan algunas de las características estadísticas de los elementos absorbidos por la raíz por efecto de los tratamientos evaluados. En términos generales, sólo el Calcio, en el primer semestre, presentó un alto coeficiente de variación (140.3), los demás elementos en raíz presentaron coeficientes que son considerados adecuados para este tipo de variables. Los coeficientes de variación y de determinación obtenidos, son considerados adecuados, tal como se deduce de resultados similares obtenidos por Rodríguez (1998) y Narváez (1998).

En la Tabla 5, Se encuentran los análisis de componentes principales para este grupo de variables en el primer semestre. En ella se puede observar que los elementos más afectados por los tratamientos, en el primer componente, son el potasio, el hierro el manganeso y el aluminio, los cuales fueron responsables, en gran parte, del 33% de la varianza de este componente, así mismo, los elementos más afectados por los tratamientos en el segundo componente, fueron el fósforo, el calcio, el magnesio, el cobre y el zinc, los cuales fueron responsables, en gran parte del 21% de la varianza de este componente. El nitrógeno, con el calcio y el cobre, fueron los elementos mas afectados por los tratamientos en el tercer componente y fueron responsables en gran parte del 10% de la varianza de este componente. Estos elementos en su conjunto, fueron responsables del 65% de la varianza por efecto de los tratamientos evaluados en el primer semestre

En la Tabla 6, se encuentran los análisis de componentes principales para este grupo de variables en el segundo semestre. En ella se puede observar que el fósforo, el calcio, el potasio y el aluminio, fueron los elementos en raíz más afectados por los tratamientos en este componente y son responsables, en gran parte, del 22 % de la variación de los resultados, así mismo, el magnesio, el cobre el zinc y el aluminio fueron los elementos

Tabla 5. Análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en la raíz de tres genotipos de maíz evaluados en un oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a

| Variables | Componentes | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Fósforo (%) | 0.10 | 0.49* | 0.03 |
| Calcio (%) | 0.02 | 0.31* | 0.52 |
| Magnesio (%) | 0.02 | 0.45* | 0.07 |
| Potasio (%) | 0.35* | 0.12 | 0.05 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 0.48* | 0.07 | 0.03 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.03 | 0.38* | 0.48 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 0.30* | 0.13 | 0.02 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.17 | 0.45* | 0.17 |
| N (%) | 0.04 | 0.18 | 0.67* |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.50* | 0.02 | 0.01 |
| Valor característico. | 3.67 | 2.34 | 1.20 |
| Proporción de varianza. | 0.33 | 0.21 | 0.11 |
| Varianza acumulada. | 0.33 | 0.54 | 0.65 |

*Variables seleccionadas.

Tabla 6. análisis de componentes principales para los contenidos de nutrientes en la raíz de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b

| Variables | Componentes | | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fósforo (%) | 0.34* | 0.24 | 0.05 | 0.36 |
| Calcio (%) | 0.53* | 0.11 | 0.09 | 0.29 |
| Magnesio (%) | 0.29 | 0.36* | 0.14 | 0.12 |
| Potasio (%) | 0.33* | 0.18 | 0.39 | 0.39 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 0.15 | 0.05 | 0.60* | 0.07 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.19 | 0.44* | 0.01 | 0.37 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 0.08 | 0.13 | 0.61* | 0.00 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.19 | 0.30* | 0.06 | 0.43 |
| N (%) | 0.19 | 0.23 | 0.12 | 0.25 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.35* | 0.44* | 0.17 | 0.32 |
| Valor característico. | 2.50 | 2.18 | 2.12 | 1.44 |
| Proporción de varianza. | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.14 |
| Varianza acumulada. | 0.22 | 0.42 | 0.61 | 0.75 |

*Variables seleccionadas.

más afectados en el segundo componente y contribuyen con cerca del 19 % de la variación de los datos. El potasio, el hierro y el manganeso, fueron los elementos más afectados por los tratamientos en el tercer componente y son responsables de cerca del 19 % de la variación de los datos de este componente. En el cuarto componente, se encuentra que el fósforo, el calcio, el potasio, el cobre, el zinc y el aluminio, participan en cerca del 13 % de la variación de los resultados de este componente. En forma general, este conjunto de variables, fueron responsables del 75% de la variación de los resultados por efecto de los tratamientos evaluados en el segundo semestre

Teniendo en cuenta los anteriores resultados, se determinó, analizar y discutir la absorción de fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso, zinc, nitrógeno y aluminio por parte de la raíz en los diferentes tratamientos evaluados.

El contenido de fósforo en la raíz, presentó diferencias significativas por efecto de los materiales orgánicos, las dosis de cal y las dosis de fósforo, solo en el segundo semestre (Anexos 16, 25 y 26). No se presentaron diferencias por efecto de las variedades evaluadas.

En la Figura 14, se encuentran los valores obtenidos para esta variable. En ella se puede observar que los contenidos de P fueron relativamente similares en los dos semestres. Solo en el segundo semestre, el uso de fuentes orgánicas incrementó el contenido del fósforo en el suelo, especialmente con la aplicación de gallinaza. Los valores promedios para el contenido de P en la raíz de acuerdo a las fuentes orgánicas utilizadas (anexos 19 y 20), permiten observar que los valores obtenidos para esta variable en este semestre fueron de 0.12% para la gallinaza, valor que difiere estadísticamente de los obtenidos con caupi (0.10%) y testigos sin materia orgánica (0.10%). Una tendencia similar, en esta variable, se presentó por el efecto de la aplicación de las dosis de fósforo utilizadas en los tratamientos, En el Anexo 33, se observa que el valor obtenido para esta variable fue de 0.12% con 50 kg.ha⁻¹ de P y de 0.10% para 25 kg.ha⁻¹ de P. La aplicación de 1500 kg.ha⁻¹ de cal en este semestre presentó valores de P en la raíz inferiores a los obtenidos con el testigo sin cal.

El contenido de calcio en la raíz (%), presentó incrementos significativos por la adición de las fuentes orgánicas y las dosis de cal solo en el segundo semestre (Anexos 16, 25 y

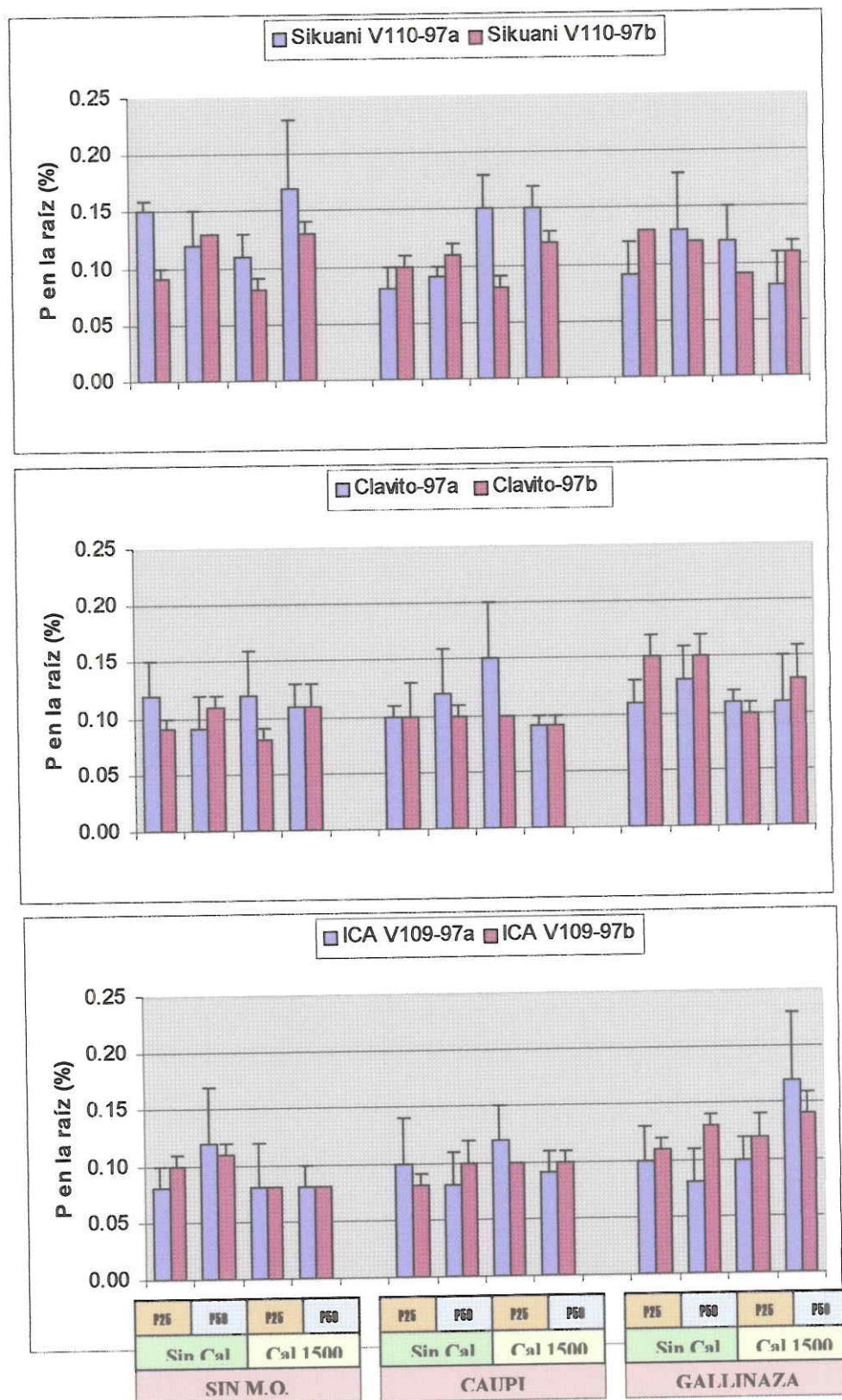


Figura 14. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de P en la raíz (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

26). En la Figura 15, se observan ligeros incrementos de este elemento en la raíz, en el segundo semestre efecto que es más notorio en las variedades Clavito y Sikuni, en los tratamientos sin adición de materia orgánica al suelo.

Los contenidos de calcio en la raíz, de acuerdo con el promedio obtenido por las fuentes orgánicas (Anexo 20), permite observar que con la gallinaza se obtuvo el máximo valor para esta variable (0.16%), valor que difiere estadísticamente del obtenido con caupi (0.14%) y testigo sin materia orgánica (0.14%). Así mismo, de acuerdo con el promedio general de las dosis de cal sobre esta variable, se observa, que los mayores valores de calcio en la raíz fueron obtenidos con la aplicación de 1500 kg.ha⁻¹ de cal (0.15%), valor que difiere estadísticamente del obtenido con el testigo sin cal (0.13%).

El contenido de Mg en la raíz (%) presentó incrementos significativos por efecto de las variedades en el primer semestre y por la dosis de cal en el segundo semestre (Anexos 16, 25 y 26).

En la Figura 16, se observan ligeros incrementos de magnesio en la raíz en el segundo semestre; así mismo, se observa que la variedad Sikuni presenta en promedio, los mayores contenido de Mg en la raíz (0.033%), valor este que difiere significativamente de los obtenidos con el Clavito (0.030%) e ICA V109 con (0.027%) respectivamente (Anexo 17). De otra parte, la aplicación de 1500 kg.ha⁻¹ de cal, presentó los mayores contenidos de Mg en la raíz (0.046%) valor que difiere del obtenido con el testigo sin cal (0.037%) en el segundo semestre.

Los contenidos de K (%) y Fe(mg.kg⁻¹) en la raíz no presentaron diferencias para ninguna de las variables independientes evaluadas (Anexos 16, 25 y 26), (Figuras 17 y 18); sin embargo, al analizar los contenidos en los dos semestres, se observa que estos son mayores en el segundo periodo en todos los tratamientos, mientras en el primer semestre los contenidos de Potasio fluctúan entre 0.61 y 1.39%, en el segundo semestre estos fluctúan entre 1.12 y 2.11%.

En la Figura 19, se puede observar que solo en el segundo semestre se obtienen incrementos en el contenido de Cu en la raíz en comparación con el primer semestre.

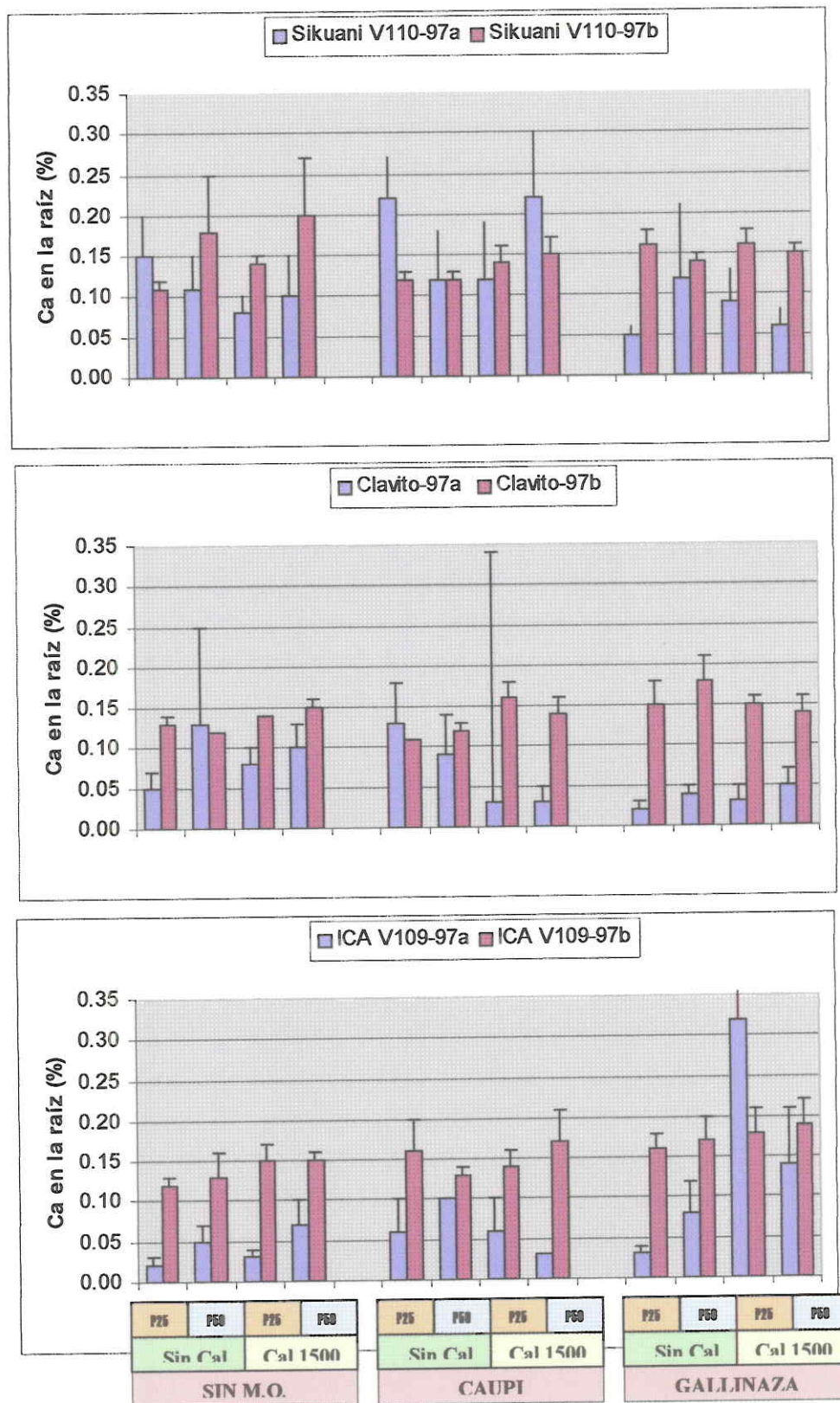


Figura 15. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Ca en la raíz (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

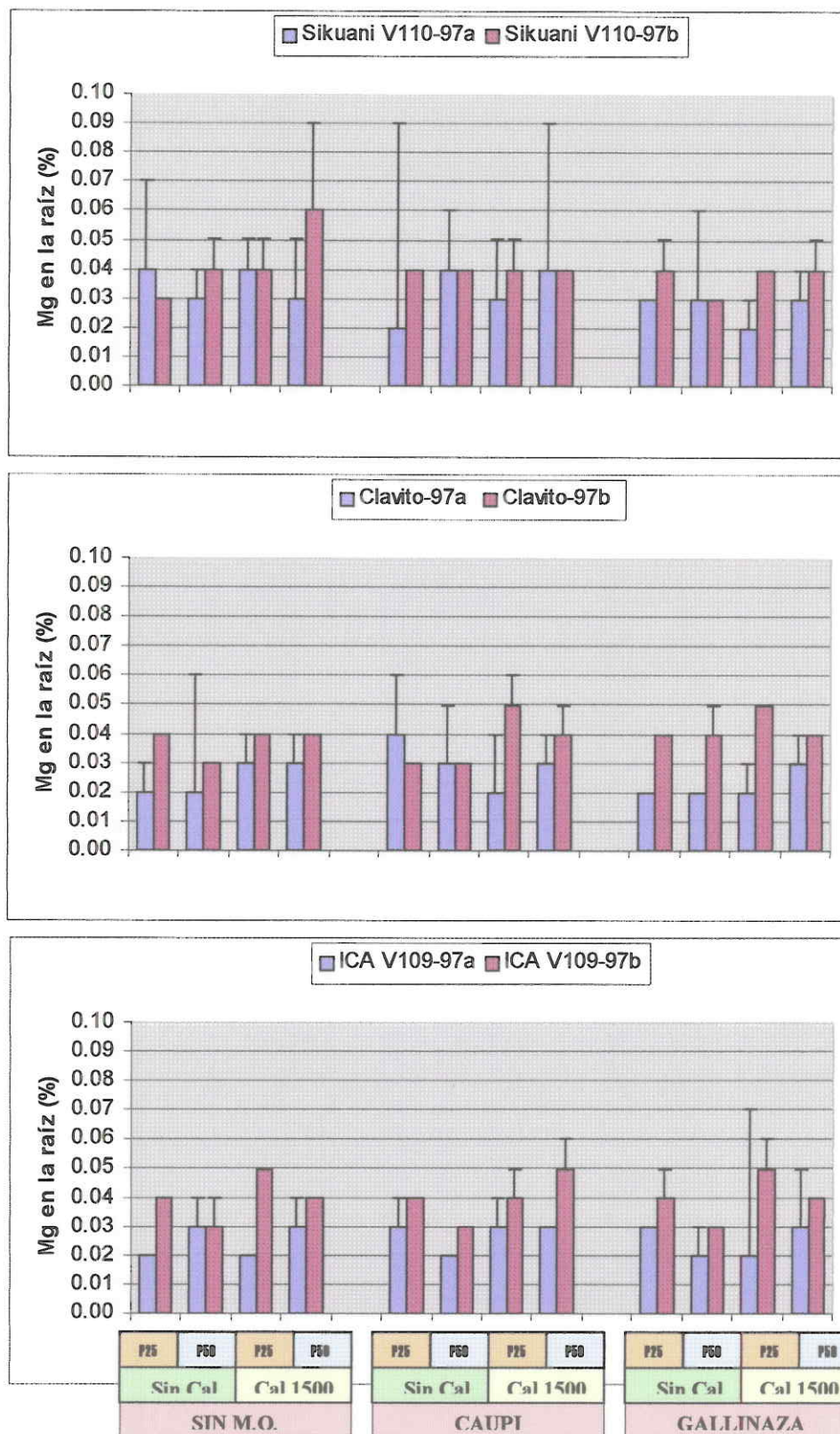


Figura 16. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mg en la raíz (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

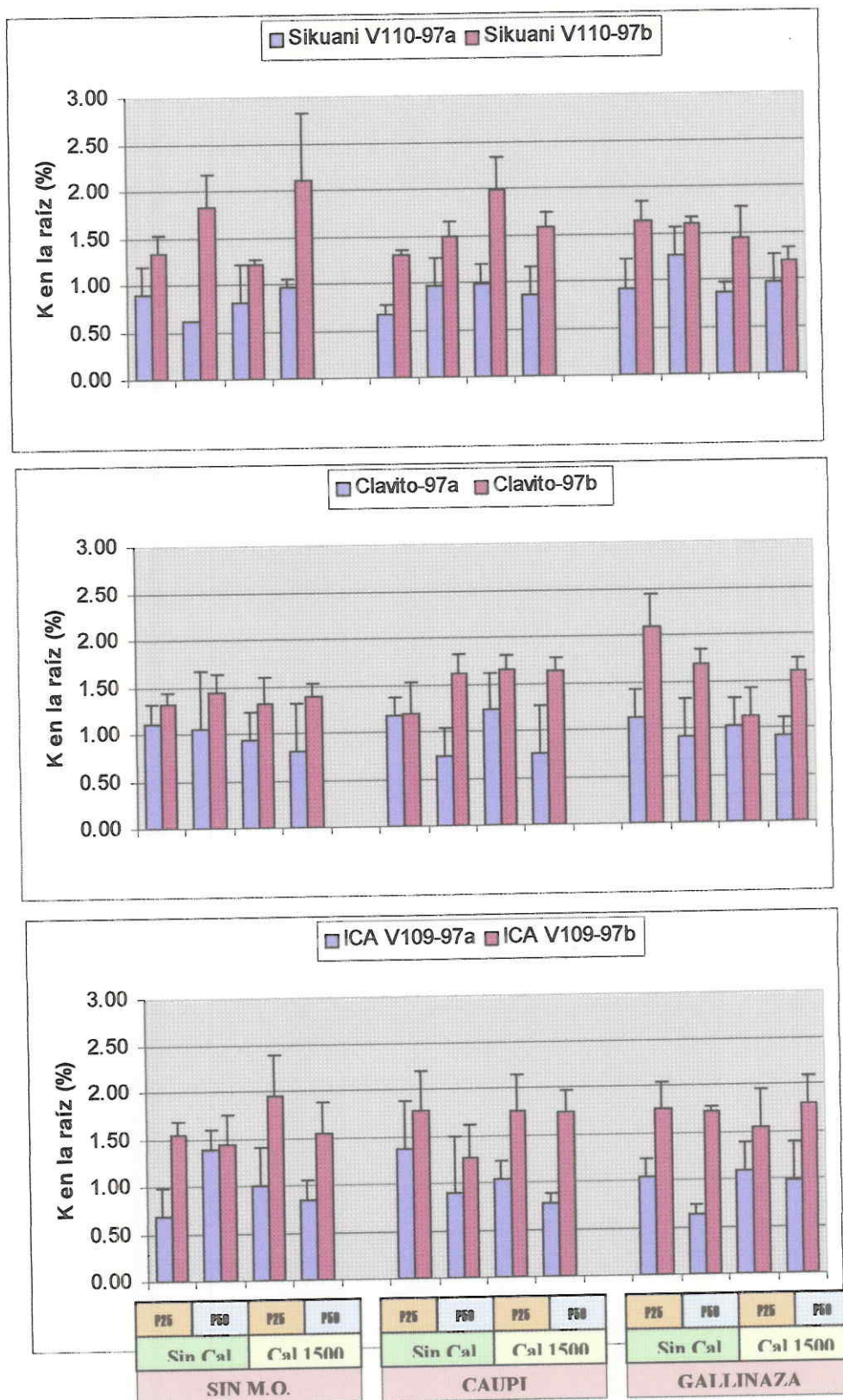


Figura 17. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de K en la raíz (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

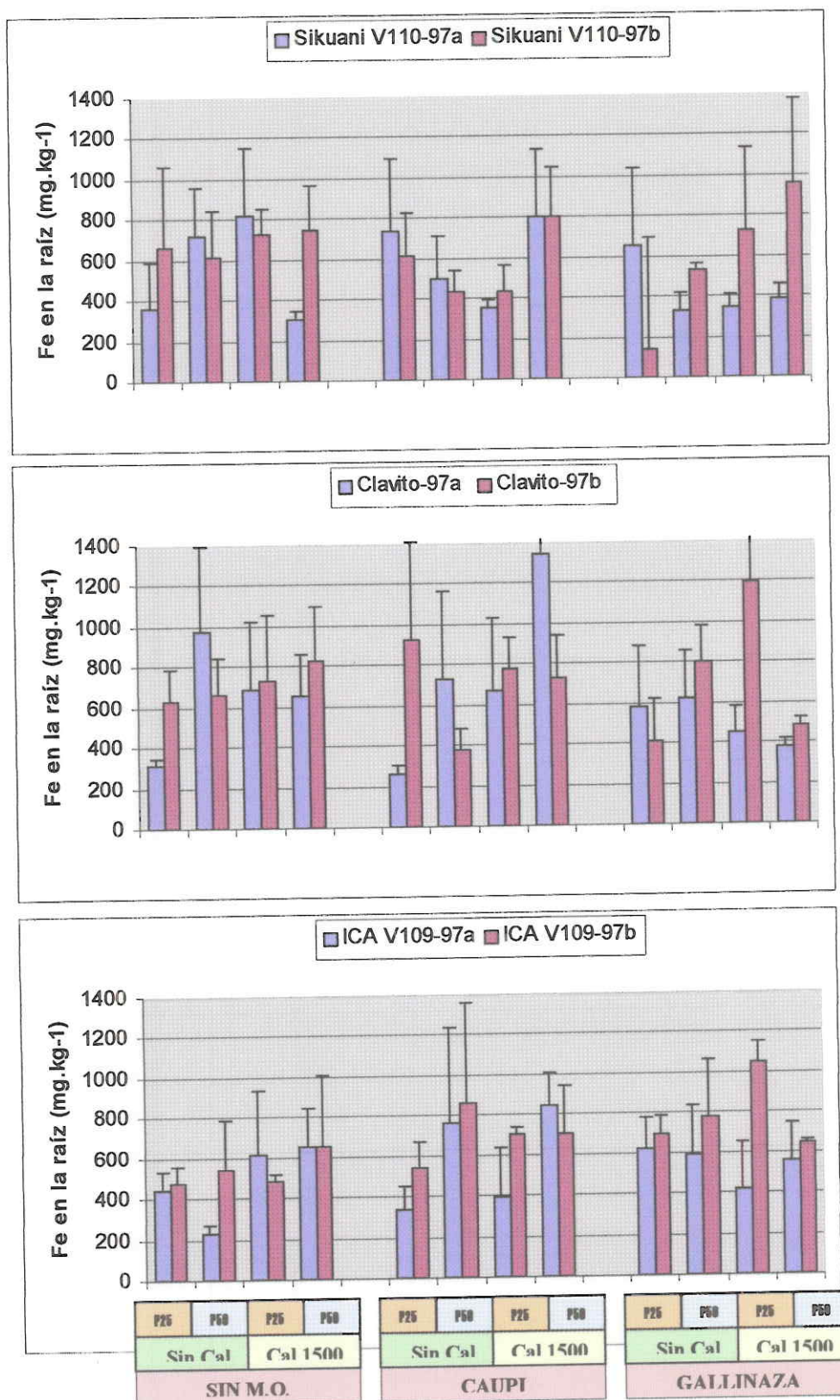


Figura 18. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Fe en la raíz (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

De otra parte, se observa que con la dosis de 1500 kg.ha^{-1} de cal, se disminuyeron significativamente los contenidos de Cu en la raíz, efecto que fue más notorio en el segundo semestre. (Anexos 16, 25 y 26).

En términos generales el contenido de Cu en la raíz, de acuerdo al promedio general de la dosis de Cal (Anexo 22), presentó el mayor valor (24.9 mg.kg^{-1}) con el testigo sin cal, valor que difiere estadísticamente del obtenido con 1500 kg.ha^{-1} de cal (18.5 mg.kg^{-1}). No se observa una tendencia muy clara con la aplicación de materiales orgánicos sobre esta variable.

El contenido de manganeso en la raíz (mg.kg^{-1}), solo presenta diferencias significativas por efecto de las variedades en el primer semestre. En la Figura 20, se puede observar que los contenidos de Manganeso en la raíz, fueron mayores en el segundo semestre, mientras en el primer semestre los valores fluctuaron entre 10.8 y 25.7 mg.kg^{-1} , en el segundo semestre estos fluctuaron entre 24.5 y 48.1 mg.kg^{-1} . Así mismo, de acuerdo con el Anexo 30, los mayores contenidos de Mn en raíz, fueron obtenidos con la variedad Sikvani con 20.5 mg.kg^{-1} y Clavito con 20.8 mg.kg^{-1} , valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con ICA V109 (17.0 mg.kg^{-1}).

Los contenidos Zinc en raíz (mg.kg^{-1}), presentaron diferencias significativas por efecto de las variedades en los dos semestres de estudio y para las dosis de cal en el segundo semestre (Anexos 16, 25 y 26). En la Figura 21, se puede observar que existieron mayores contenidos de Zn en la raíz en el segundo semestre, mientras en el primer semestre los valores fluctuaron entre 15.2 y 45.8 mg.kg^{-1} , en el segundo semestre estos fluctuaron entre 33.4 y 68.0 mg.kg^{-1} . De otra parte, se observa una tendencia a disminuir con la aplicación de materiales orgánicos especialmente gallinaza y en las variedades Sikvani y Clavito. En ICA V109, se observan incrementos de esta variable con uso de caupi y gallinaza. En el segundo semestre los contenidos de Zn en raíz disminuyen con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal en todas las variedades.

En el Anexo 17, se puede observar que los mayores contenidos de Zinc en la raíz, se encontraron con la variedad Clavito y Sikvani con 33.5 y 29.2 mg.kg^{-1} respectivamente, valores estos, que difieren estadísticamente de los encontrados con ICA V109 (21.2 mg.kg^{-1}).

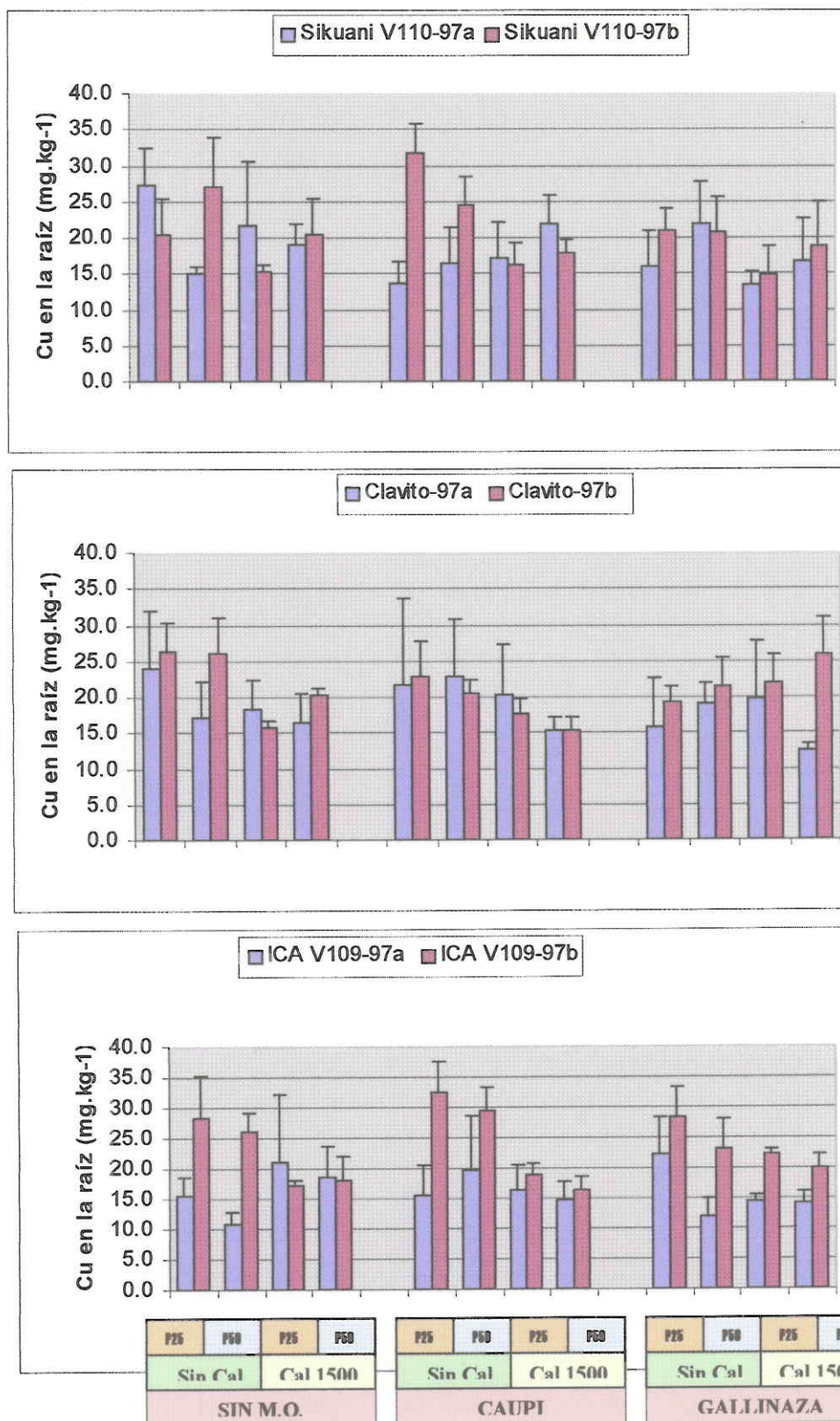


Figura 19. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Cu en la raíz (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

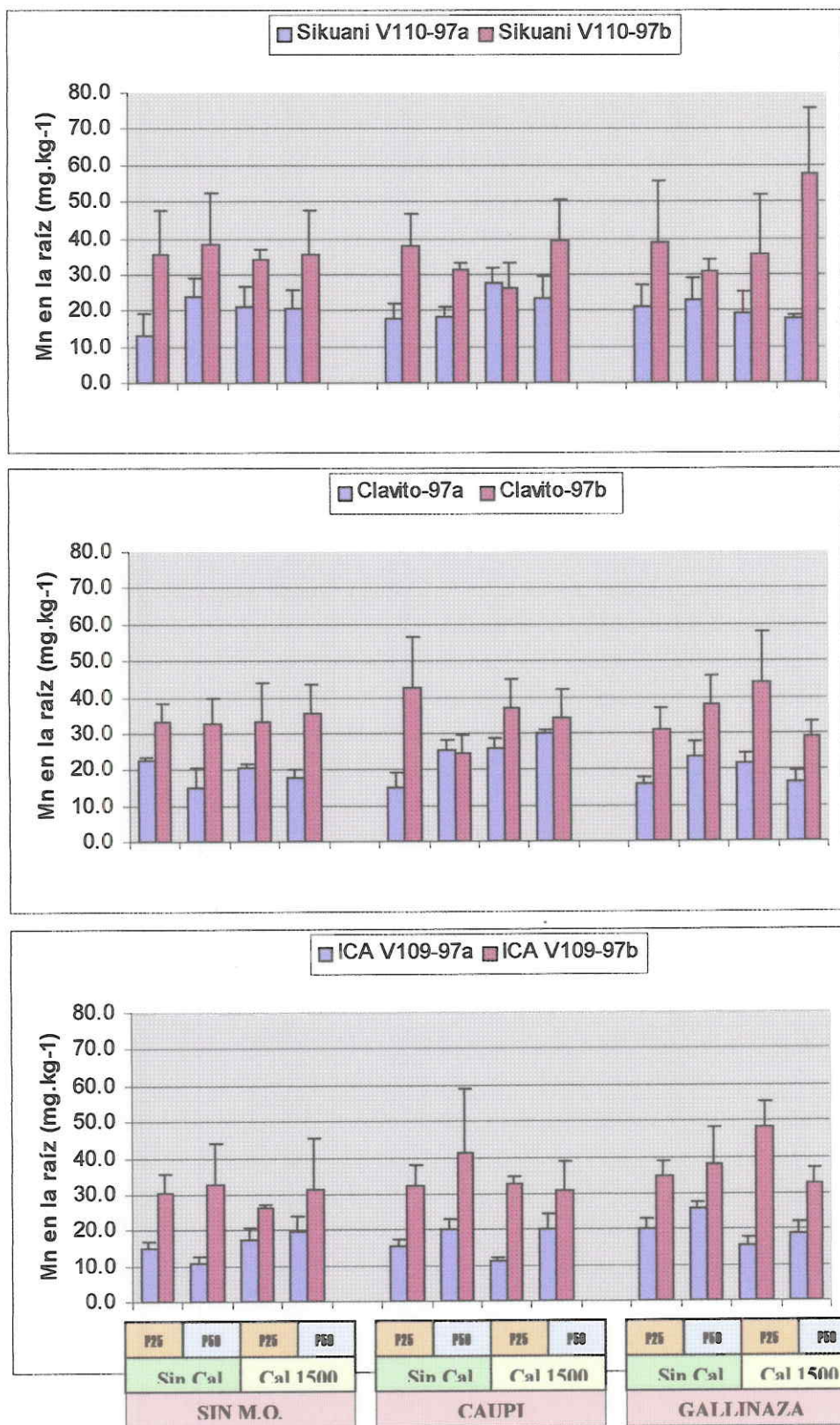


Figura 20. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Mn en la raíz (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

De acuerdo con el Anexo 22, los mayores contenidos de Zn en raíz, en el segundo semestre, se encontraron en promedio con el testigo sin cal (49.8 mg.kg^{-1}), valor que difiere estadísticamente del obtenido con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal el cual fue de (43.6 mg.kg^{-1}).

Los contenidos de Nitrógeno en raíz (%), presentaron diferencias significativas para las interacciones entre variedades con materiales orgánicos, variedades con dosis de cal y materiales orgánicos con dosis de cal, en los dos semestres (Anexo 16). En la Figura 22, se observa que el contenido de nitrógeno se incrementó con el uso del caupi en las variedades Clavito y Sikuni y disminuyó con la gallinaza, mientras en ICA V109, disminuyó con caupi y se incrementó con la gallinaza.

Con respecto a la dosis de cal se observa que en las variedades Sikuni e ICA V 109, el nitrógeno en la raíz, disminuyó con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} con todas las fuentes orgánicas, mientras en Clavito con la dosis de 1500 kg.ha^{-1} de cal se incrementaron los contenidos de N en todas las fuentes orgánicas excepto con gallinaza en el primer y segundo semestre. En términos generales, los contenidos de nitrógeno en la raíz, fluctuaron entre 1.06 y 1.55% en los dos semestres. No se presentaron diferencias estadísticas entre los promedios generales para cada una de las variables independientes evaluadas (Anexos 17 al 24)

Para el contenido de aluminio en raíz (mg.kg^{-1}), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, sin embargo los mayores contenidos de este elemento en raíz se encontraron en la variedad Sikuni (0.56 y 0.59 mg.kg^{-1}) y Clavito (0.60 y 0.63 mg.kg^{-1}) y en menor cantidad con la variedad ICA V109 (0.53 y 0.55 mg.kg^{-1}), en los dos semestres respectivamente, sin variación estadística entre estos valores (Figura 23).

De acuerdo con los anteriores resultados, los nutrientes que mayor variación presentaron en la raíz, por efecto de los tratamientos utilizados, fueron el P, Ca, Mg, Cu, Zn y N. Así mismo, se puede indicar que se presentó una tendencia similar en el contenido de nutrientes en raíz en los dos semestres con lo cual se evidenció la respuesta a los tratamientos evaluados.

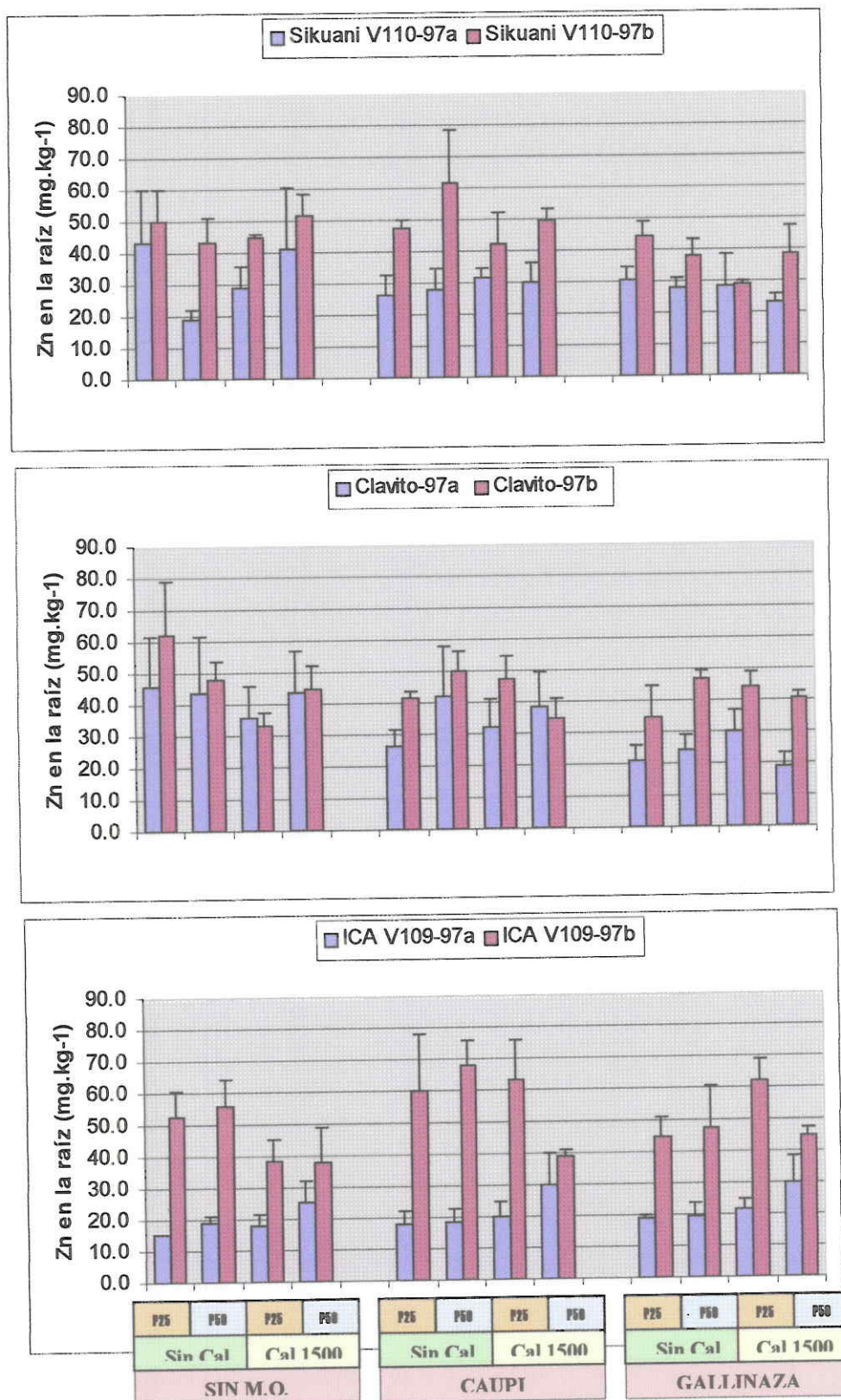


Figura 21. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Zn en la raíz (mg.kg^{-1}), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

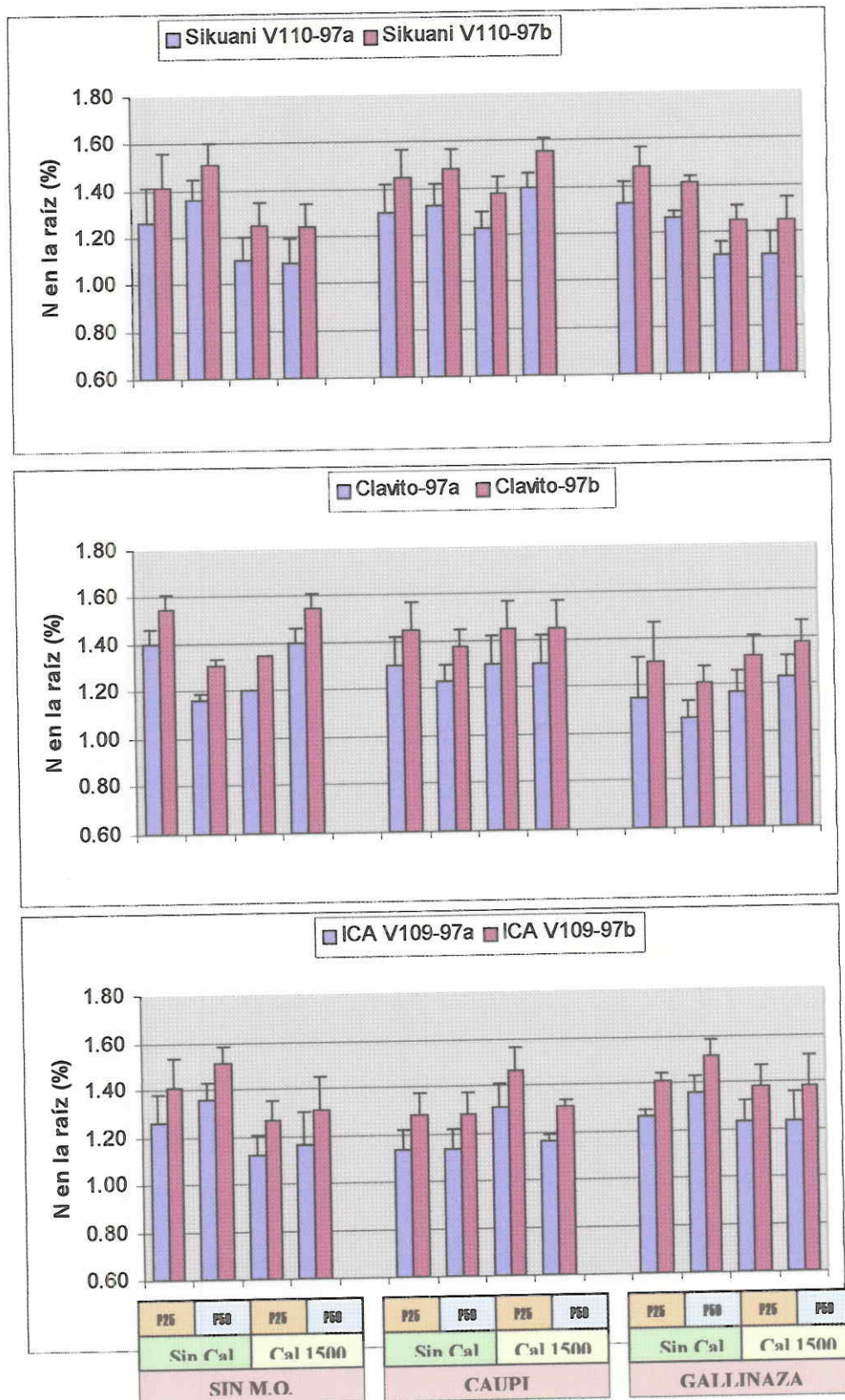


Figura 22. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de N en la raíz (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

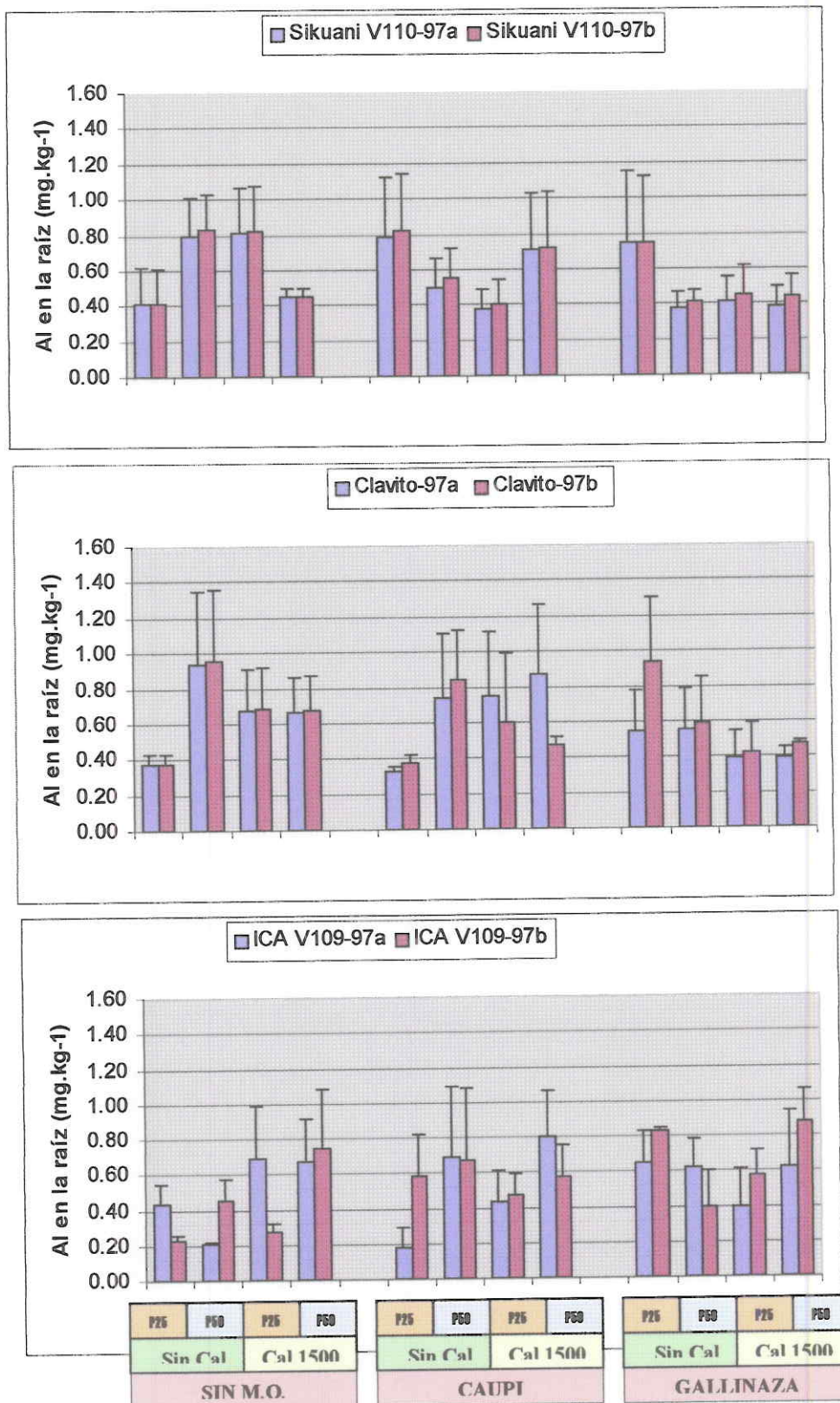


Figura 23. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el contenido de Al en la raíz (mg.kg^{-1}), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

Los mayores contenidos de P, Ca, Mg, K, Cu, Mn, Zn, Fe, Al, y N en raíz, se encontraron en el segundo semestre del año, debido al efecto residual de los materiales orgánicos, así como de las dosis de 1500 kg.ha^{-1} de cal, las aplicaciones de P y de sulfatos de Ca y Mg en tratamientos testigo.

Los cambios en el contenido de nutrientes en la raíz, en las tres variedades, se encontraron únicamente para el Mg, el Mn y el Zn en el primer semestre. Los mayores valores de Mg y Mn se encontraron en la variedad Sikuaní y los menores valores en la variedad ICA V 109. Los menores valores de Zn en raíz se encontraron en la variedad ICA V 109, sin embargo, esta misma variedad presentó los mayores valores de Zn en raíz en el segundo semestre, lo cual se debe en gran parte a la mayor biomasa de raíz de esta variedad en este semestre de evaluación.

A pesar de no existir diferencias significativas para la absorción de aluminio en la raíz, la variedad que menores cantidades de este elemento presentó fue la ICA V 109 en los dos semestres de estudio.

Los mayores contenidos de P y Ca en la raíz, en el segundo semestre, se deben principalmente a la aplicación de gallinaza y Caupi lo cual demuestra el alto aporte y efecto residual de estos materiales. De otra parte, se encontró que la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal dolomita, disminuyó ligeramente los contenidos de P en la raíz en el segundo semestre e incrementó los contenidos de Ca y Mg en ambos semestres y disminuyó los contenidos de Cu, Zn y N, así como el Al en los dos semestres. Este efecto nos permite confirmar que las aplicaciones de cal pueden inducir deficiencias en algunos elementos como el P, Zn, B, Mn, tal como lo reporta Ahmad y Tan (1986).

Las dosis de P aplicadas al suelo, sobre el contenido de nutrientes en la raíz, solo afectaron los contenidos en raíz de P en el segundo semestre lo cual indica que posiblemente 25 kg.ha^{-1} de este nutrimento son suficientes para el normal desarrollo de la raíz y además puede suplir las principales necesidades de la planta tal como se pudo observar en la mayoría de variables agronómicas evaluadas. De otra parte según Tan y Binger (1986), el fósforo después de tomado por la raíz, puede reaccionar con el aluminio presente en esta y formar fosfatos poco solubles en la corteza de la raíz. Esta situación puede generar deficiencias de fósforo en la parte aérea, lo cual puede ser una de las

razones para no encontrar mayores contenidos de P en la raíz de las tres variedades utilizadas.

Lo anterior nos indica que es necesario realizar estudios más detallados en la raíz sobre la interacción suelo-planta con la adición de materiales orgánicos y dosis de cal en los cultivos de maíz con tolerancia diferencial al aluminio. Muchos de estos estudios deben estar más relacionados a la evaluación del efecto tóxico del Al sobre ciertos procesos fisiológicos y metabólicos no evaluados en este estudio. Sobre este aspecto Algunos autores como Wallace y Anderson (1984), reportan que la toxicidad del aluminio en la raíz se manifiesta principalmente en el cese de las formas mitóticas en la región meristemática de la raíz y en la reducción de la respiración. Cambria et.al; (1983), reportan una reducción en la síntesis de polisacáridos de la pared celular y acumulación de aminoácidos libres en la raíz. Así mismo, Pearson y Adams (1966) reportan efectos negativos del aluminio sobre la actividad enzimática de la raíz

6.3. Concentración foliar de nutrientes:

En los anexos 27 y 28, se encuentran algunas de las características estadísticas para la concentración foliar de nutrientes. En ellos se puede observar que los coeficientes de variación hallados, se encuentran dentro de los valores adecuados para este tipo de variables, sólo en el primer semestre la concentración de aluminio superó el valor de 180. Estos valores son corroborados con los coeficientes de determinación encontrados para esta variables, los cuales aparecen en los análisis de significancia estadística (Anexo 29).

En las Tablas 7 y 8, se encuentran los análisis de componentes principales para estas variables en los dos semestres de estudio. Para el primer semestre, se puede observar que los elementos hierro, nitrógeno y aluminio, fueron los más afectados por los tratamientos y fueron responsables, en gran parte, del 37 % de la varianza de este componente. El fósforo, calcio, magnesio, potasio, manganeso y zinc, fueron responsables de cerca del 22 % de la variación de los resultados por efectos de los tratamientos en el segundo componente. En el tercer componente el magnesio, el

Tabla 7. Análisis de componentes principales para la concentración foliar de nutrientes de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a

| Variables | Componentes | | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fósforo (%) | 0.20 | 0.47* | 0.06 | 0.02 |
| Calcio (%) | 0.19 | 0.43* | 0.24 | 0.22 |
| Magnesio (%) | 0.23 | 0.30* | 0.31 | 0.52 |
| Potasio (%) | 0.19 | 0.43* | 0.29 | 0.10 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 0.44* | 0.01 | 0.11 | 0.03 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.26 | 0.01 | 0.43* | 0.36 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 0.01 | 0.31* | 0.51 | 0.36 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.25 | 0.34* | 0.21 | 0.19 |
| N (%) | 0.30* | 0.08 | 0.22 | 0.26 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.44* | 0.04 | 0.16 | 0.06 |
| Valor característico. | 4.50 | 2.50 | 1.60 | 1.00 |
| Proporción de varianza. | 0.37 | 0.22 | 0.14 | 0.08 |
| Varianza acumulada. | 0.37 | 0.59 | 0.73 | 0.81 |

*Variables seleccionadas.

Tabla 8. Análisis de componentes principales para la concentración foliar de nutrientes de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997b

| Variables | Componentes | | | |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fósforo (%) | 0.07 | 0.02 | 0.43 | 0.63 |
| Calcio (%) | 0.28* | 0.27 | 0.29 | 0.00 |
| Magnesio (%) | 0.28* | 0.47* | 0.16 | 0.07 |
| Potasio (%) | 0.12 | 0.29 | 0.47* | 0.20 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 0.33* | 0.10 | 0.34 | 0.06 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.16 | 0.17 | 0.23 | 0.19 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 0.25 | 0.38* | 0.28 | 0.22 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.30* | 0.23 | 0.02 | 0.33 |
| N (%) | 0.25 | 0.03 | 0.31* | 0.55 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.38* | 0.34 | 0.19 | 0.11 |
| Valor característico. | 4.52 | 1.98 | 1.56 | 1.21 |
| Proporción de varianza. | 0.37 | 0.17 | 0.13 | 0.10 |
| Varianza acumulada. | 0.37 | 0.54 | 0.67 | 0.77 |

*Variables seleccionadas.

cobre y el manganeso fueron los elementos más afectados por los tratamientos y son los responsables del 13 % de la variación de los resultados. El magnesio, el cobre el manganeso y el nitrógeno, fueron los elementos responsables del 8% de la variación de los resultados en el cuarto componente. En términos generales, estos elementos en su conjunto, fueron los responsables de 81% de la variación de los resultados por efecto de los tratamientos evaluados.

En el segundo semestre del año (Tabla 8), se encuentra que el calcio, el magnesio, el hierro, el zinc, el nitrógeno y el aluminio, fueron los elementos más afectados por los tratamientos en el primer componente y son responsables del 37 % de la variación de los resultados. En el segundo componente, el calcio, el magnesio, el potasio el manganeso el zinc y el aluminio, fueron responsables del 16% de la variación de los resultados en este componente. Para el tercer componente, el fósforo, el calcio, el potasio, el hierro y el nitrógeno fueron los responsables del 13 % de la variación de los resultados. En el cuarto componente, hay una distribución más uniforme en la variación de los datos, con un 10% de responsabilidad en la variación de los resultados de este componente. En términos generales, estas variables evaluadas fueron responsables, en su conjunto, del 77% de la variación de los resultados por efecto de los tratamientos evaluados.

Al analizar individualmente la concentración de cada uno de los elementos seleccionados en este grupo de variables, encontramos que la concentración foliar de nitrógeno (%), presentó diferencias significativas por efecto de las variedades, dosis de fósforo y para la interacción entre variedades con materiales orgánicos únicamente para el primer semestre.

En la Figura 24, se observa que las concentraciones de N foliar, fueron mayores en el segundo semestre, En el primer semestre, todos los tratamientos evaluados, en las variedades ICA V 109 y Clavito, presentaron concentraciones de N foliar por debajo del nivel crítico (2.0%) establecido por Benton et.al.; (1991). En la variedad Sikuaní este efecto, se presentó principalmente en los tratamientos sin materia orgánica y con dosis de 25 kg.ha⁻¹ de P.

La mayor concentración de nitrógeno se encontró en la variedad Sikuaní, efecto que fue más notorio en el primer semestre y con la aplicación de gallinaza. En el segundo

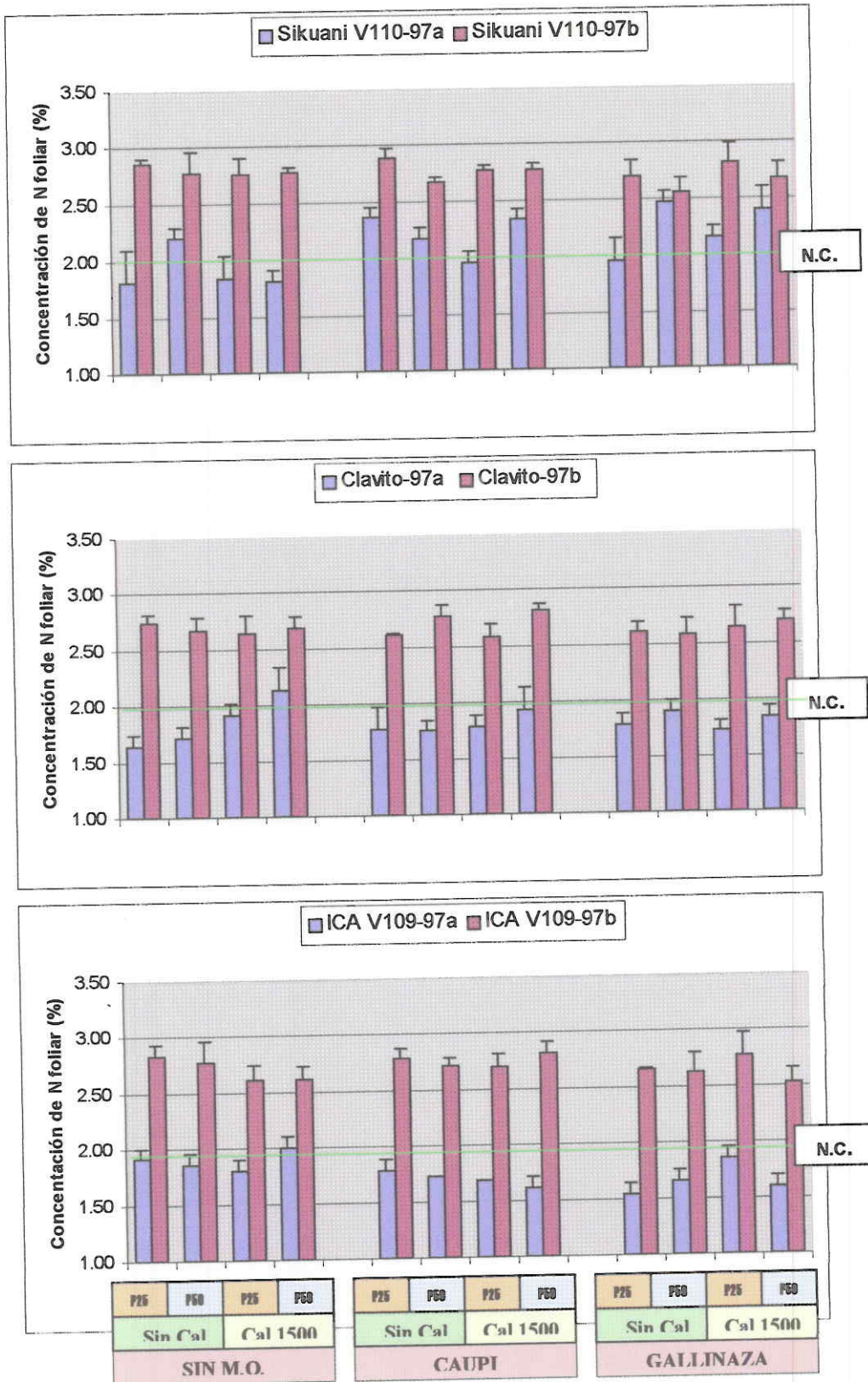


Figura 24. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de N (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

semestre, los valores de N foliar se incrementaron con el uso del cupi en las variedades Clavito e ICA V 109, sin que se observaran diferencias significativas.

Es de anotar que en el segundo semestre, todos los tratamientos evaluados, presentaron concentraciones de N foliar superiores a los niveles críticos establecidos por Benton et.al.; (1991), lo cual sugiere un efecto residual de los tratamientos, ó una mayor actividad metabólica y fotosintética que incrementaron este nutrimento en la planta.

De otra parte, los valores de nitrógeno foliar se incrementaron en el primer semestre con la aplicación de 50 kg.ha^{-1} de P, efecto que es más evidente en las variedades Sikuaní y Clavito.

En los Anexos 30 y 31, se observa que solo en el primer semestre existieron diferencias de N foliar de acuerdo al promedio general de variedades, las mayores concentraciones de nitrógeno foliar se hallaron con la variedad Sikuaní con 2.12% valor que difiere estadísticamente del obtenido con Clavito (1.82%) e ICA (1.75%). Con relación al comportamiento de esta variable con las dosis de P, en el Anexo 36, se puede observar que las mayores concentraciones de nitrógeno foliar se hallaron en las dosis de 50 kg.ha^{-1} de P (1.95%), valor que difiere estadísticamente del obtenido con la aplicación de 25 kg.ha^{-1} de P (1.85%).

Con relación a la concentración foliar de Aluminio (mg.kg^{-1}), este presentó diferencias altamente significativas solo por efecto de las variedades utilizadas en primero y segundo semestre (Anexos 29, 38 y 39). En la Figura 25, se puede observar que las mayores concentraciones de Al foliar se encontraron en los dos semestres en la variedad Sikuaní, donde los contenidos de aluminio fueron 10 veces mayores a los encontrados en las variedades Clavito e ICA V109. No se observaron tendencias definidas entre las fuentes orgánicas ni entre las dosis de cal y fósforo sobre esta variable.

No existen datos claros sobre los niveles foliares críticos de Al en las plantas; algunas investigaciones realizadas por Tan y Binger (1996), establecen que el Al en tejidos de plantas de maíz puede estar alrededor de 0.06 mg.g^{-1} . valor que es mucho más bajo al encontrado en el presente trabajo.

Las pruebas de comparación de medias, a nivel de variedades, se encuentran en los Anexos 30 y 31, en ellos se puede observar que la variedad Sikvani V110, presentó concentraciones de 0.56 y 0.53 (mg.kg^{-1}), en primero y segundo semestre, valores que difieren estadísticamente de los encontrados en Clavito (0.06 y 0.08 mg.kg^{-1}) e ICA V109 con 0.08 y 0.08 mg.kg^{-1} , en estos mismos periodos de tiempo.

La concentración foliar de fósforo (%), presentó diferencias altamente significativas por efecto de las variedades, materiales orgánicos y dosis de fósforo (Anexos 29, 38 y 39). En la Figura 26, se puede observar que las concentraciones foliares de este elemento fueron ligeramente inferiores en el segundo semestre, así mismo, se observa que las mayores concentraciones de P se encontraron en la variedad Sikvani con el uso de los materiales orgánicos, principalmente gallinaza; este efecto fue más notorio en el primer semestre. De otra parte, la aplicación de 50 kg.ha^{-1} de P, incrementó las concentraciones de fósforo foliar en todas las variedades y con todos los materiales orgánicos; este efecto fue más evidente en el primer semestre.

De acuerdo con los niveles críticos establecidos, para este nutrimento, por Benson et.al.; (1991), todos los tratamientos evaluados presentaron concentraciones de P foliar superiores al nivel crítico (0.15%), en los dos semestres de estudio, indicando que los aportes de este nutrimento fueron suficientes para el normal desarrollo del cultivo.

Los resultados de los Anexos 30 y 31, permiten observar que las mayores concentraciones de fósforo foliar se hallaron en la variedad Sikvani V110 con 0.49 y 0.32% en primero y segundo semestre, valores que difieren de los obtenidos con las variedades ICA V109 con 0.45 y 0.30 % y Clavito con 0.39 y 0.30 % en los mismos periodos. En los Anexos 32 y 33, se puede observar que los mayores valores para esta variable, de acuerdo a la prueba de comparación de medias para las fuentes orgánicas, se obtuvieron con el uso de la gallinaza con 0.53 y 0.32% en primero y segundo semestre, valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con caupi (0.41 y 0.30%) y testigo sin M.O. con 0.40 y 31% en los mismos periodos de evaluación.

Con la aplicación de 50 Kg.ha^{-1} de P, se obtuvieron las mayores concentraciones foliares de fósforo (0.47 y 0.31%) en el primero y segundo semestre valores que difieren

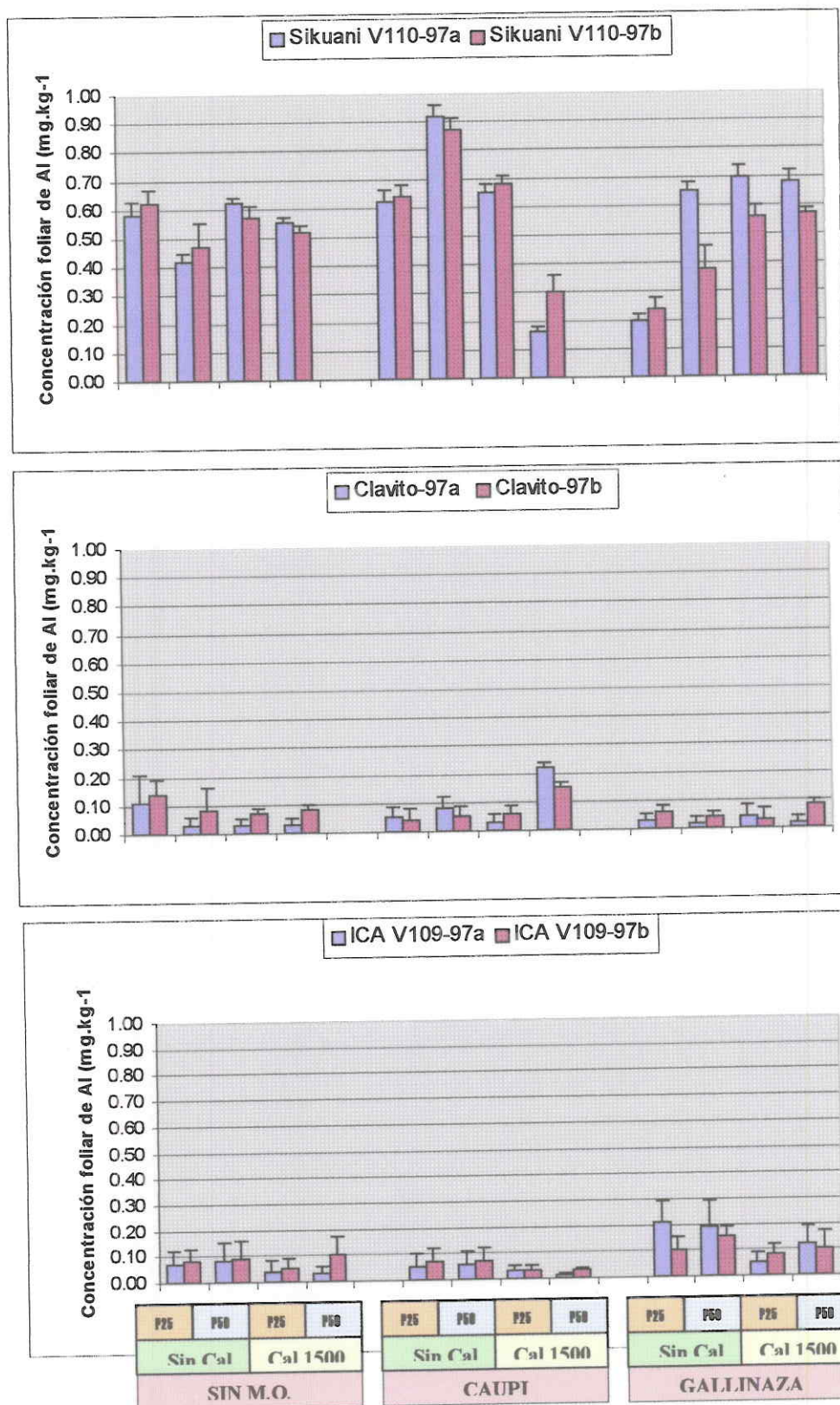


Figura 25. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Al (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

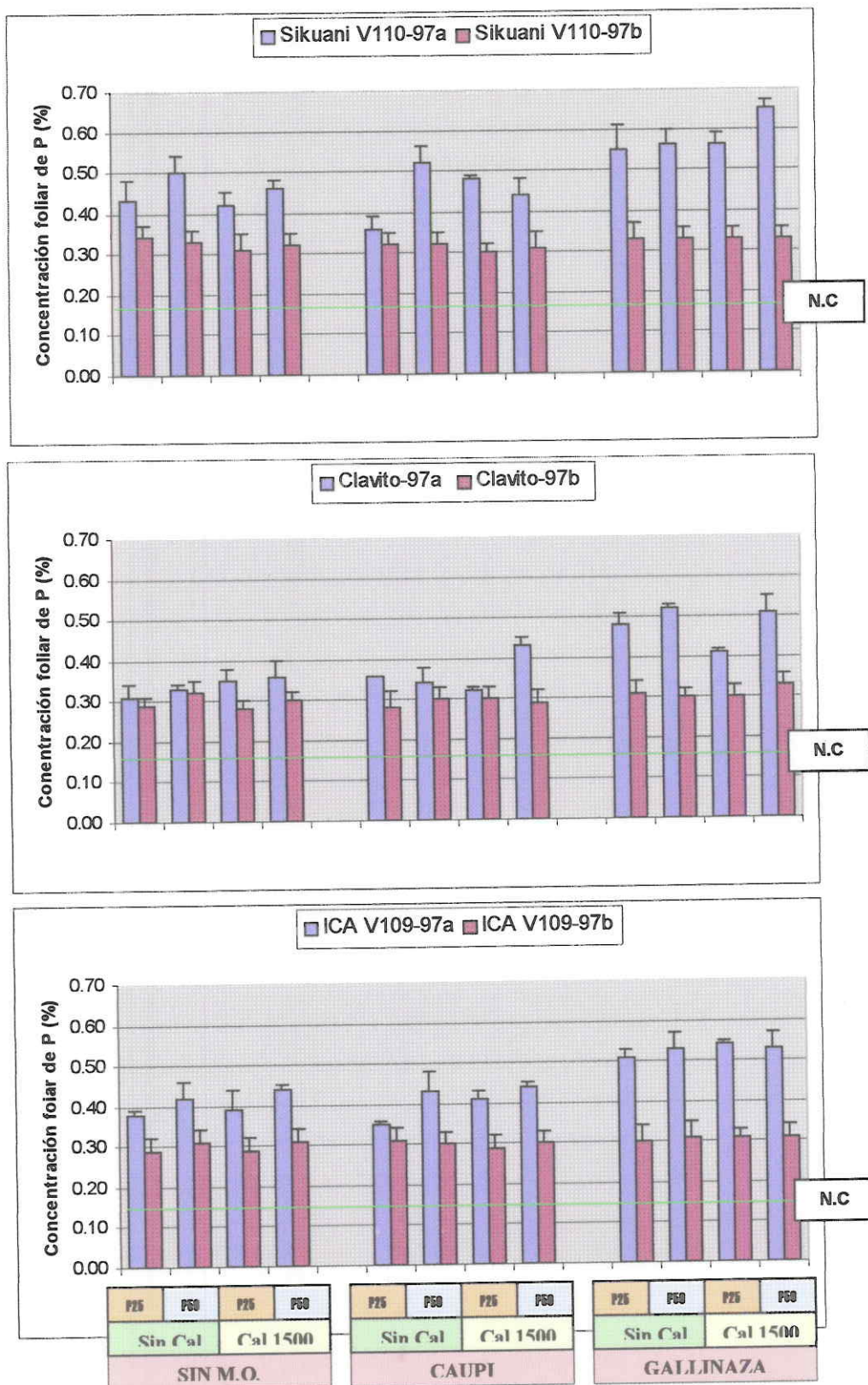


Figura 26. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de P (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

estadísticamente de los obtenidos con la aplicación de 25 Kg.ha⁻¹ de P (0.42 y 0.30%) en estos mismos periodos (Anexos 36 y 37).

La concentración foliar de Calcio (%), presentó diferencias altamente significativas por efecto de las variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal en los dos semestres, así mismo, se presentaron diferencias altamente significativas entre materiales orgánicos con dosis de cal. Solo en el primer semestre se encontraron diferencias significativas entre variedades con dosis de cal (Anexos 29, 38 y 39).

De acuerdo con los niveles críticos foliares establecidos por Benson et.al.; (1991), todos los tratamientos presentaron concentraciones de Ca foliar superiores al nivel crítico más bajo (0.20 %). Los tratamientos sin cal y sin materia orgánica, fueron los que presentaron valores más cercanos a este nivel crítico

El Ca foliar fue más bajo en el segundo semestre y se incrementó con el uso de caupi y gallinaza en el primer semestre. Para el segundo semestre, este efecto solo se observó con la gallinaza ya que con el caupi se hallaron valores mas bajos que los obtenidos con el testigo sin M.O. La dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal incrementó significativamente las concentraciones de Ca foliar, efecto que fue mas notorio en el testigo sin M.O. (Figura 27).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias para las variedades, el Clavito presentó, en los dos semestres, las mayores concentraciones de Ca foliar con 0.58 y 0.30 % respectivamente, seguido por Sikuaní (0.50 y 0.40%) e ICA (0.53 y 0.36%), valores que difieren estadísticamente entre si (Anexos 30 y 31)

Así mismo, el promedio general por fuentes orgánicas, muestra que con la aplicación de gallinaza se obtuvieron las mayores concentraciones de Ca foliar con 0.60 y 0.48% en primero y segundo semestre respectivamente, valores que difieren en forma significativa a los obtenidos con caupi (0.52 y 0.34%) y testigo sin M.O (0.50 y 0.38%), en los mismos periodos. De otra parte, la dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal, presentaron los mayores valores de esta variable (0.56 y 0.44%,) en primero y segundo semestre respectivamente, valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con el testigo sin cal (0.51 y 0.36%), de acuerdo con el promedio general de dosis de cal. (Anexos 32 y 33)

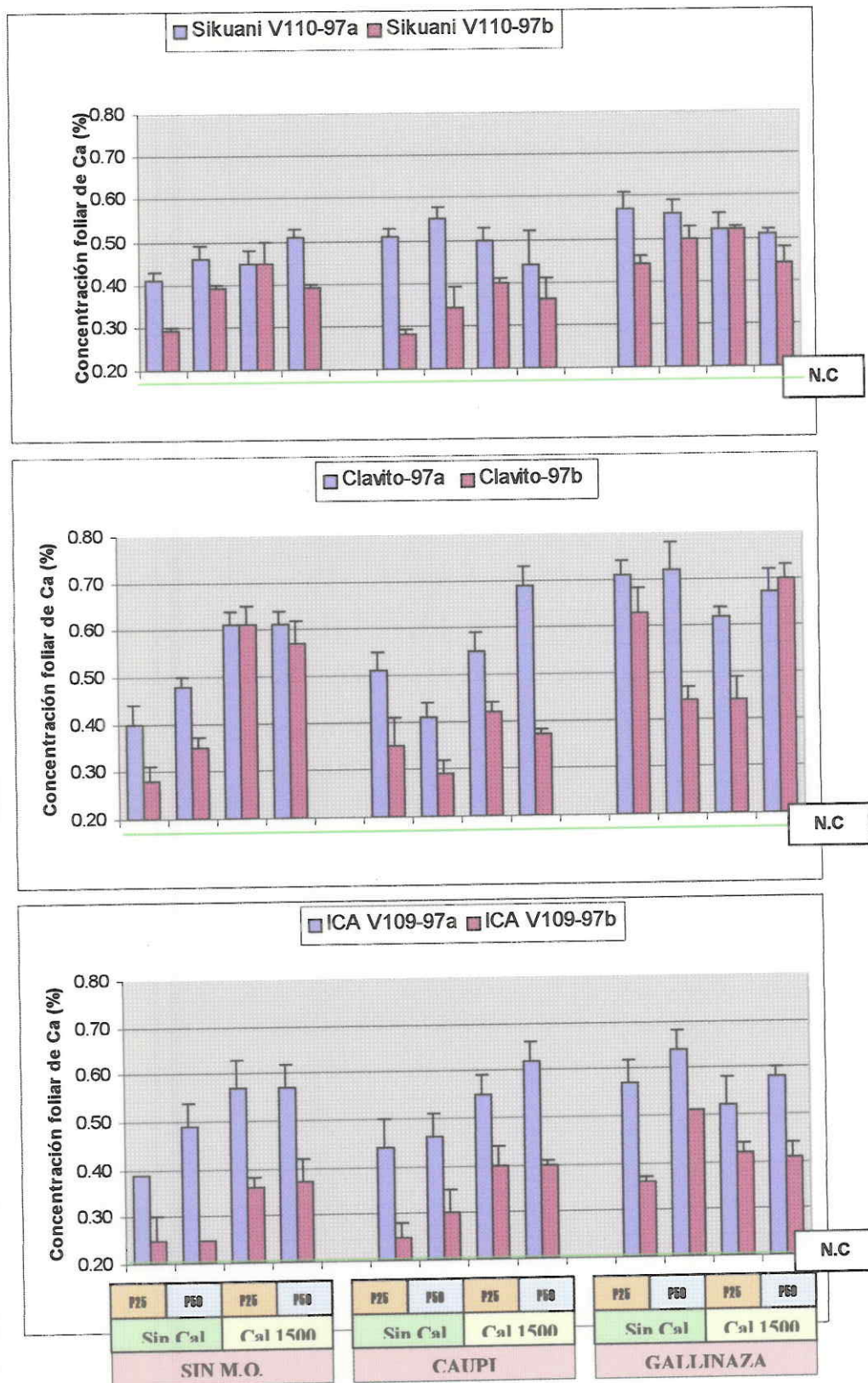


Figura 27. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Ca (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

La concentración foliar de Mg (%), presentó una tendencia muy similar a la obtenida con el calcio. Se encontraron diferencias altamente significativas entre variedades y dosis de cal en el primero y segundo semestre, así mismo, se presentaron diferencias altamente significativas entre las fuentes orgánicas y para las interacciones entre variedades con dosis de cal y fuentes orgánicas con dosis de cal, en el primer semestre. Para el segundo semestre, se presentaron solo diferencias altamente significativas para la interacción entre fuentes orgánicas con dosis de cal y entre variedades con dosis de cal y dosis de fósforo (Anexos 29, 38 y 39).

De acuerdo con los niveles críticos foliares de Mg, establecidos por Benton et.al.; (1991), los tratamientos sin cal y sin materia orgánica, fueron los que presentaron concentraciones más bajas que el nivel crítico (0.10%), establecido para esta especie, principalmente en el segundo semestre.

Los mayores contenidos de magnesio se hallaron en el primer semestre. Así mismo, las concentraciones de magnesio se incrementaron con el uso de materiales orgánicos principalmente gallinaza, efecto que fue más evidente en el primer semestre y en las variedades Clavito e ICA V109. La aplicación de $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal, incrementó significativamente las concentraciones de Mg foliar en todos los casos, así mismo se encontraron los mayores valores de esta variable con la adición de $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P, efecto que fue más notorio, en el segundo semestre. (Figura 28).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias, a nivel de variedades, se encontró que las mayores concentraciones de magnesio foliar se presentaron con la variedad Clavito con 0.25 y 0.18 %, en primero y segundo semestre, seguida por ICA V109 con 0.24 % y por Sikvani con 0.19% en primer semestre y por Sikvani con 0.17% e ICA V109 con 0.15 %, en segundo semestre, valores que presentaron diferencias estadísticamente para cada semestre. (Anexos 30 y 31).

La gallinaza presentó las mayores concentraciones de Mg (0.25 y 0.17 %), para el primero y segundo semestre seguido por el caupi con 0.22 y 0.16 % y testigo sin M.O. con 0.21 y 0.17 %, valores que difieren estadísticamente entre sí.

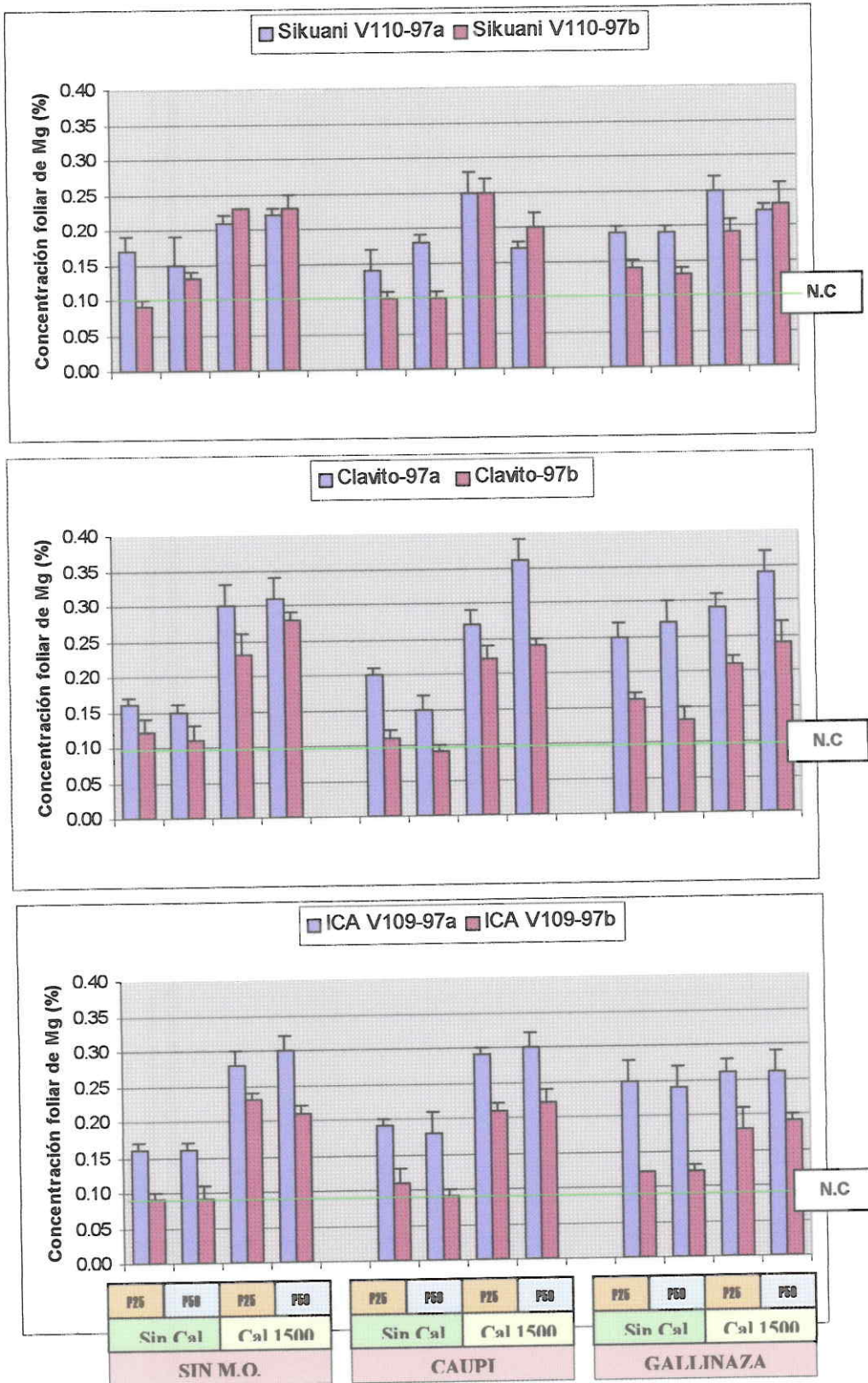


Figura 28. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Mg (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

De otra parte, la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, presentó las mayores concentraciones de magnesio foliar con 0.27 y 0.22% para primero y segundo semestre, valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con el testigo sin cal (0.19 y 0.11%) en los mismos dos periodos de evaluación. (Anexos 32 y 33).

La concentración foliar de Potasio (%), presentó diferencias significativas por efecto de variedades y fuentes orgánicas en primer semestre y entre materiales orgánicos y dosis de cal en el segundo semestre (Anexos 29, 38 y 39). En la Figura 29, se puede observar que se encontraron mayores concentraciones de potasio foliar en el primer semestre y que los mayores valores para esta variable se encontraron en la variedad Sikuaní. La aplicación de gallinaza y caupi, incrementaron los valores de potasio foliar en todas las variedades en el primer semestre mientras en el segundo, este efecto, solo se observa con la variedad Sikuaní. Para las variedades Clavito e ICA V 109, los incrementos de potasio foliar se deben principalmente a la aplicación de gallinaza. De otra parte, La aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, en el segundo semestre, tiende a disminuir el potasio foliar, principalmente en los tratamientos con adición de materia orgánica. En todos los tratamientos evaluados, la concentración foliar de K, fue superior al nivel crítico (1.6%), establecido para esta especie por Benton et.al.; (1991).

Las concentraciones de potasio foliar de acuerdo con la prueba de comparación de medias para las variedades (Anexos 30 y 31), permiten observar que los mayores valores, fueron obtenidos con la variedad ICA V109 (2.72%) y Clavito (2.66%) valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con Sikuaní (2.42%). No se presentan diferencias estadísticas entre variedades para el segundo semestre.

En los Anexos 32 y 33, se puede observar que las mayores concentraciones de potasio foliar fueron encontradas con la gallinaza (2.74 y 2.35%), para primero y segundo semestre, valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con caupi (2.63 y 2.20%) y testigo sin M.O. con 2.44 y 2.20 %, respectivamente en estos mismos periodos. La aplicación de $1500 \text{ (kg.ha}^{-1})$ de cal en el segundo semestre presentó las menores concentraciones de K foliar con 2.2 (%), valor que difiere estadísticamente del obtenido con el testigo sin cal (2.3%) (Anexo 35).

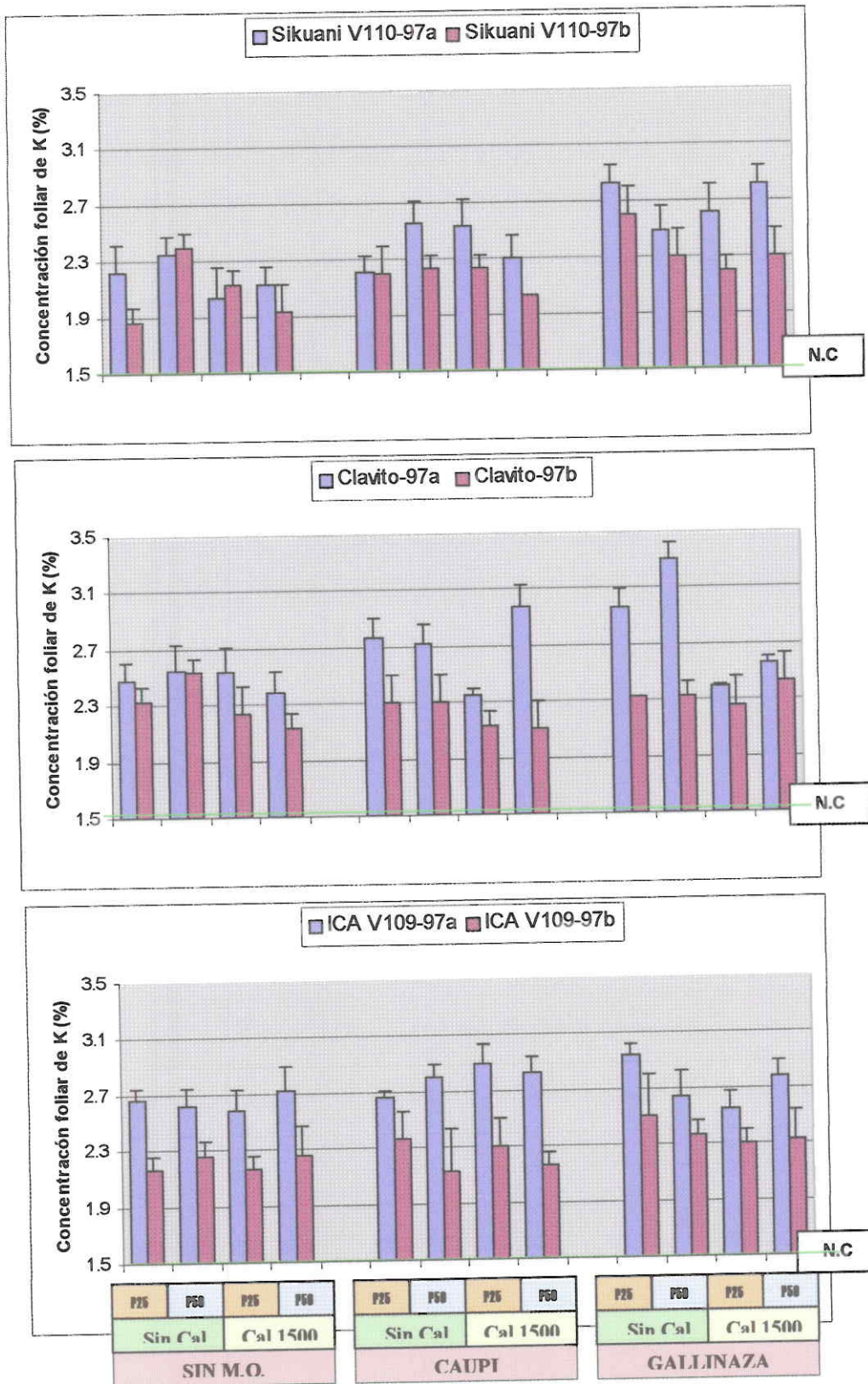


Figura 29. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de K (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

La concentración de Hierro foliar (mg.kg^{-1}), presentó diferencias altamente significativas entre las variedades utilizadas en el primer semestre. Para el segundo semestre, se presentaron diferencias altamente significativas para las variedades y para las fuentes orgánicas (Anexos 29, 38 y 39). Los mayores contenidos de hierro, se encontraron en el primer semestre. Así mismo, se observa que la variedad Sikuni presentó los mayores valores de hierro foliar, efecto que fue hallado solo en primer semestre. (Figura 30).

Para el segundo semestre, se observa que con el uso de la gallinaza se detectaron concentraciones de hierro foliar menores a los obtenidos con caupi y con el testigo sin M.O. La aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, presentó, en la mayoría de los casos, valores más bajos de hierro foliar con relación al testigo sin cal, excepto en la variedad Sikuni, donde con el testigo sin cal se obtuvieron valores de hierro foliar más bajos a los obtenidos con 1500 kg.ha^{-1} de cal. En todos los tratamientos evaluados, se encontraron concentraciones foliares de Fe, superiores al nivel crítico (10 mg.kg^{-1}), establecido por Benton et.al.; (1991).

Las mayores concentraciones de hierro foliar, se hallaron con la variedad Sikuni con 493 mg.kg^{-1} , valor que difiere estadísticamente del obtenido con Clavito 157 mg.kg^{-1} e ICA V109 con $167(\text{mg.kg}^{-1})$ (Anexos 30 y 31). Para el segundo, semestre con la aplicación de gallinaza, fueron obtenidos los valores más bajos de hierro foliar (118 mg.kg^{-1}), valor que difiere estadísticamente de los obtenidos con caupi (137 mg.kg^{-1}) y testigo sin M.O. con $135 (\text{mg.kg}^{-1})$, así mismo, con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal se encontraron los valores más bajos de hierro foliar con 123.2 mg.kg^{-1} , el cual es significativamente inferior al obtenido con el testigo sin cal (137.9 mg.kg^{-1}), (Anexos 32, 33 y 35).

El cobre foliar (mg.kg^{-1}), presentó solo diferencias significativas entre variedades para el primer semestre (Anexos 29, 38 y 39). Las mayores concentraciones están en el segundo semestre. Solo en el primer semestre se observan diferencias entre variedades donde el Sikuni y el ICA V109 presentaron los máximos valores de Cobre foliar con 14.7 y 14.4 mg.kg^{-1} , los cuales difieren estadísticamente del obtenido con la variedad Clavito (12.5 mg.kg^{-1}). (Figura 31).

Todos los tratamientos evaluados presentaron concentraciones foliares de Cu superiores al nivel crítico (2.5 mg.kg^{-1}), establecido or Benton et al.; (1991).

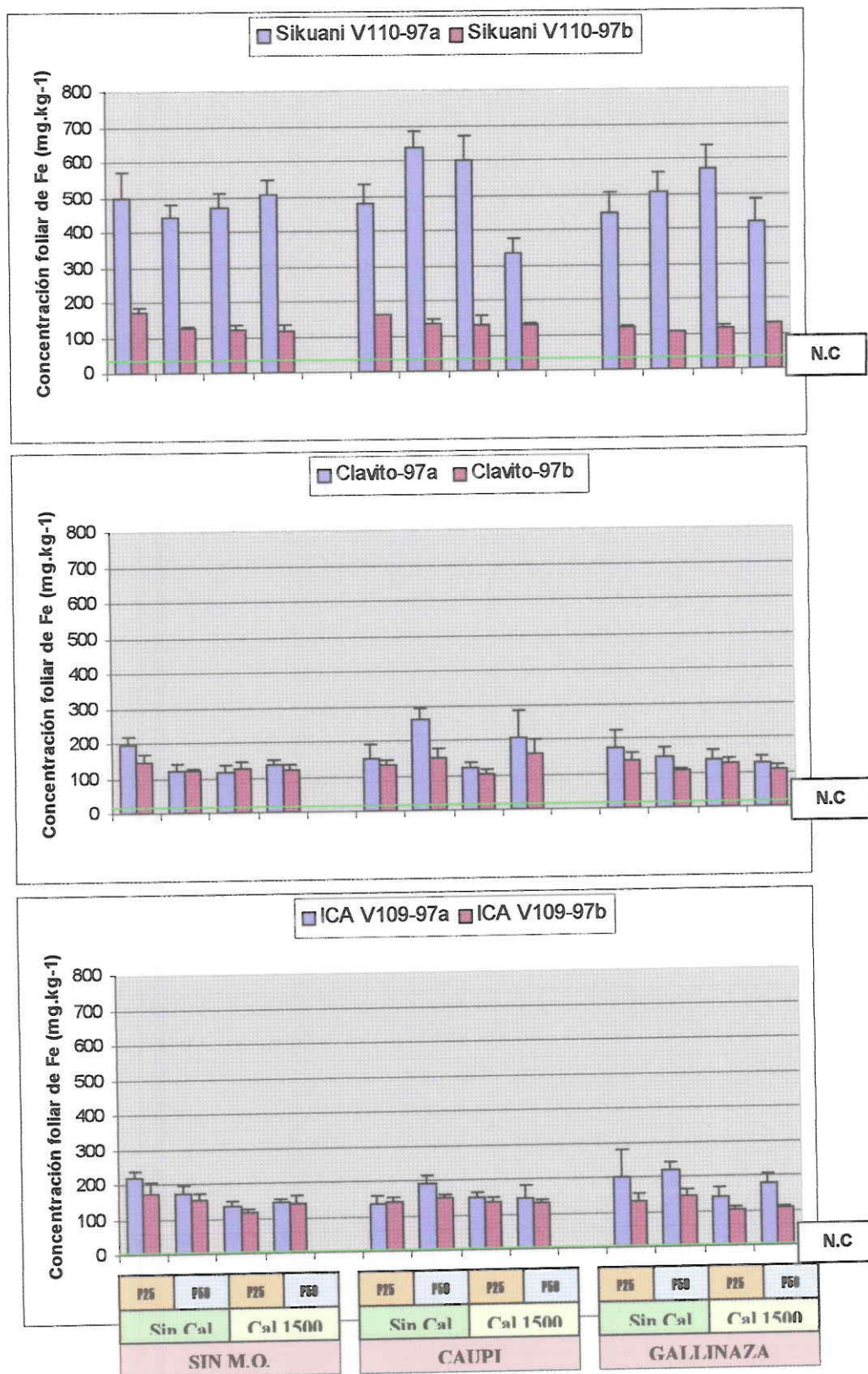


Figura 30. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Fe (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

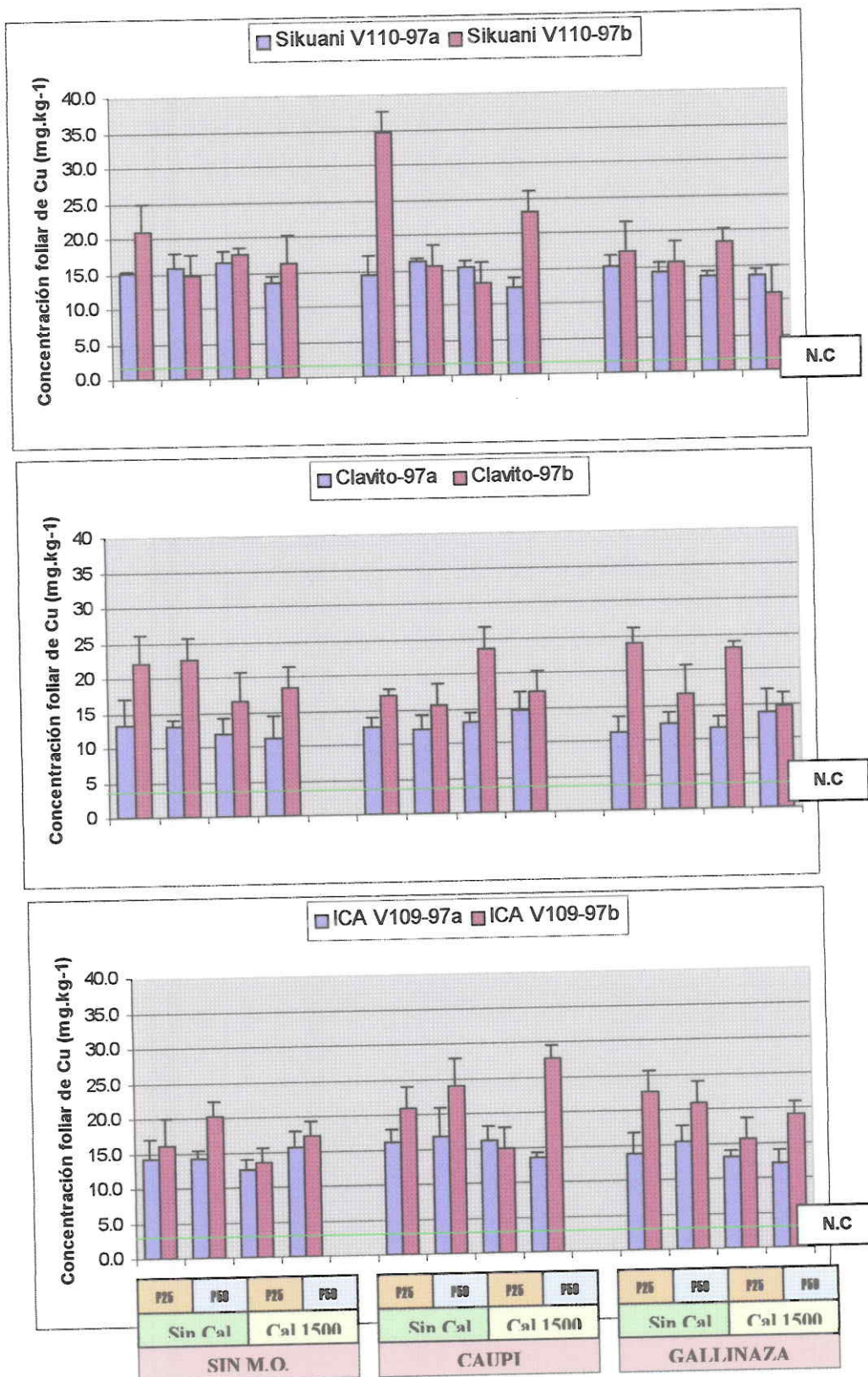


Figura 31. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Cu (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

La concentración foliar de Manganeso (mg.kg^{-1}), se vio afectada significativamente por las dosis de cal y P en el primer semestre. Para el segundo semestre, este efecto se debió a las variedades, materiales orgánicos y dosis de cal. (Anexos 29, 38 y 39).

En la Figura 32, se puede observar que la concentración de manganeso foliar, fue afectada principalmente por la dosis de cal en los dos semestres de estudio. En forma general, en esta figura, se aprecia que con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, las concentraciones foliares de Manganeso disminuyeron significativamente. Con respecto a las variedades, se observa que solo en el segundo semestre se presentaron diferencias entre estas, donde la variedad Sikuni presentó las mayores concentraciones de este nutrimento. Las fuentes orgánicas, solo presentaron diferencias en el segundo semestre donde las menores concentraciones de manganeso fueron obtenidas con el uso de materiales orgánicos, principalmente la gallinaza, en las variedades Clavito e ICA V109. En la variedad Sikuni los valores más bajos se obtuvieron con el uso del caupi. Todos los tratamientos evaluados, presentaron concentraciones de Mn foliar superiores al nivel crítico (10 mg.kg^{-1}), establecido por Benton et.al.; (1991).

La mayor concentración de Manganeso foliar, de acuerdo con el promedio general de variedades, fue obtenida con la variedad Sikuni en el segundo semestre (58.5 mg.kg^{-1}), valor que difiere estadísticamente de los obtenidos con Clavito (48.1 mg.kg^{-1}) e ICA con 44.5 mg.kg^{-1} . (Anexos 30 y 31). Los Anexos 32 y 33, nos permiten observar que, en el segundo semestre, con el uso de la gallinaza se halló en promedio el menor valor de Mn foliar con 48.1 mg.kg^{-1} seguido por caupi con 50.6 mg.kg^{-1} y testigo sin M.O. con 52.4 mg.kg^{-1} .

La aplicación de 1500 Kg.ha^{-1} de cal, presentó las menores concentraciones de Mn foliar con 47.7 mg.kg^{-1} y 40.0 mg.kg^{-1} , en primer y segundo semestre respectivamente, valores que difieren estadísticamente de los obtenidos con el testigo sin cal con 56.2 y 60.7 mg.kg^{-1} (Anexos 34 y 35). Las dosis de 50 Kg.ha^{-1} de P, presentaron en promedio para el primer semestre, las mayores concentraciones de Mn foliar con 54.6 mg.kg^{-1} valor que difiere estadísticamente del obtenido con 25 Kg.ha^{-1} de P el cual fue de 49.3 mg.kg^{-1} .

La concentración foliar de Zinc (mg.kg^{-1}), se vio afectada en forma altamente significativa por las variedades y materiales orgánicos en el primer semestre. Para el segundo

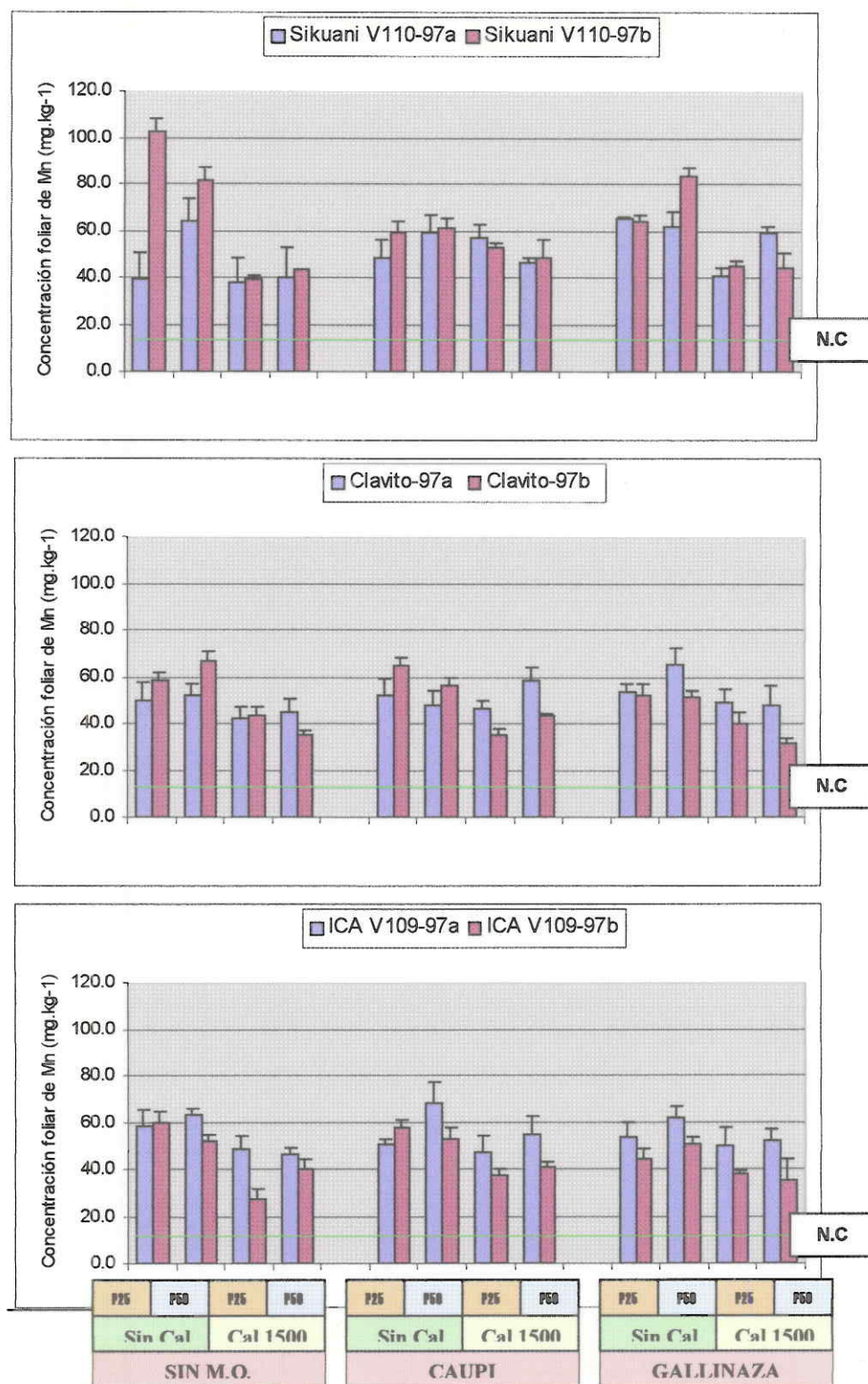


Figura 32. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Mn (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

semestre, la diferencia se presentó por efecto de las dosis de cal y las fuentes orgánicas (Anexos 29, 38 y 39). Las mayores concentraciones de Zn se encontraron en el segundo semestre, así mismo, mientras en el primer semestre se observó una tendencia de incremento en los valores de Zn foliar con el uso de materiales orgánicos, en el segundo semestre se presentó un efecto contrario principalmente con la gallinaza. De otra parte, se observa que las concentraciones de Zn foliar tienden a disminuir con la aplicación de cal en el segundo semestre. (Figura 33).

Solo los tratamientos con caupi en la variedad clavito, en el primer semestre, presentaron concentraciones foliares de Zn inferiores al nivel crítico (15 mg.kg^{-1}), establecido por Benton et.al.; (1991).

Las variedades Sikuaní e ICA V109, presentaron las mayores concentraciones de Zn foliar en el primer semestre con 18.3 y 18.0 mg.kg^{-1} respectivamente, valores que difieren estadísticamente del obtenido con la variedad Clavito (14.8 mg.kg^{-1}). (Anexos 30 y 31). El comportamiento de esta variable con respecto al promedio general por fuentes orgánicas (Anexos 32 y 33), nos permite observar que en el primer semestre, las mayores concentraciones de Zn foliar se obtuvieron usando gallinaza y caupi con 18.3 y 16.9 mg.kg^{-1} respectivamente, mientras en el segundo semestre, los máximos valores fueron con el testigo sin M.O. y el caupi con 27.0 y 26.0 mg.kg^{-1} , respectivamente.

La aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, presentó concentraciones de zinc foliar en promedio de 23.2 mg.kg^{-1} valor que difiere estadísticamente del obtenido con el testigo sin cal el cual fue de 27.8 mg.kg^{-1} .

En términos generales, los resultados obtenidos sobre la concentración foliar de nutrientes en las tres variedades de maíz utilizadas, permiten observar un comportamiento similar en los dos semestres de evaluación, así mismo, los r^2 obtenidos, presentan valores superiores a 0.4 y en la mayoría de los casos valores superiores a 0.6 , lo cual indica que la concentración de nutrientes en el tejido foliar estuvo relacionada con los tratamientos evaluados. Valores similares se han encontrado en los trabajos de Rodríguez (1998) y Narváez (1998).

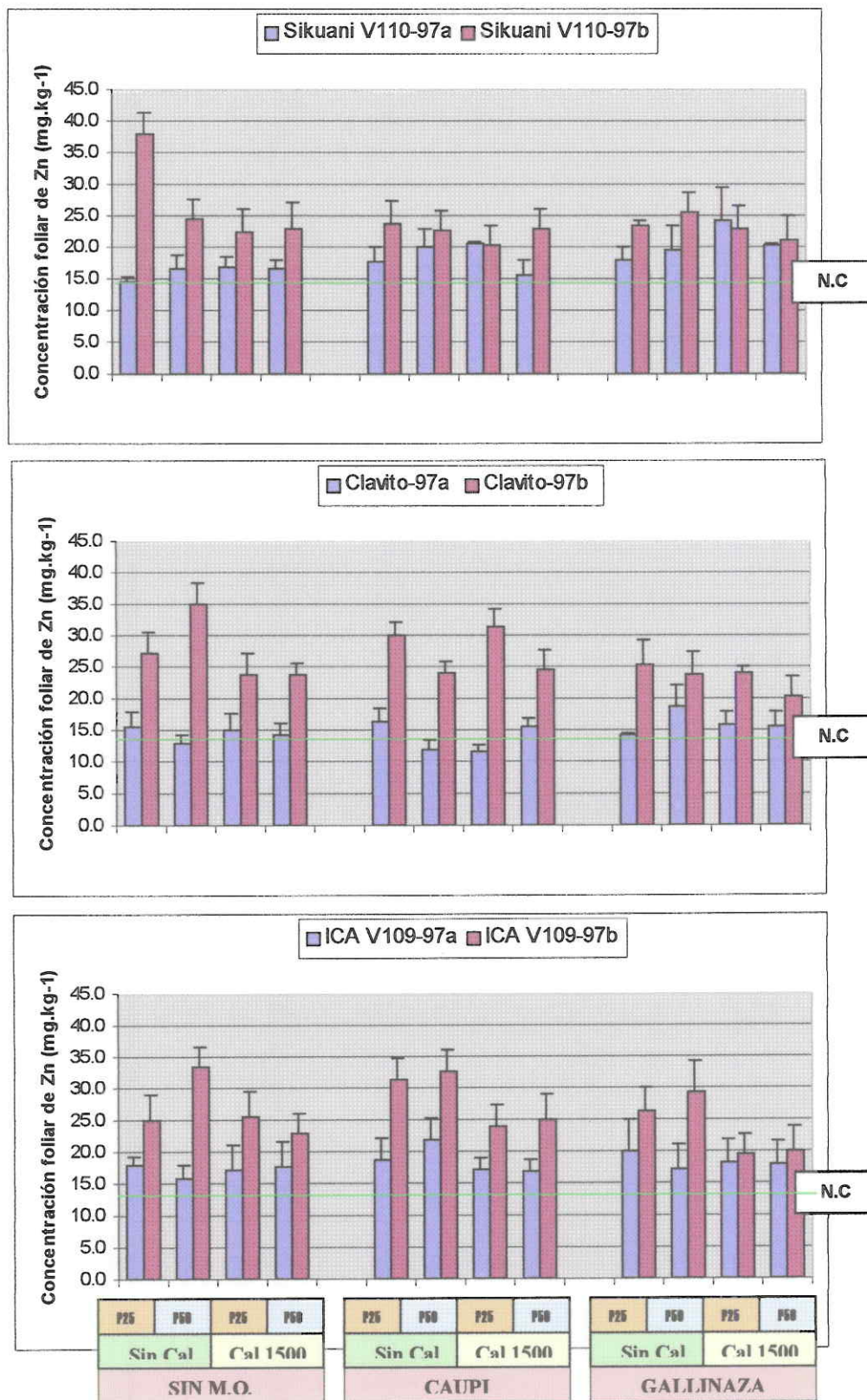


Figura 33. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la concentración foliar de Zn (mg.kg⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

Al analizar los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos, se puede indicar que solo el Fe, Zn y Al, presentaron mayores contenidos en la raíz y menor concentración en la parte foliar, el resto de elementos presentaron mayores concentraciones en hoja y menores contenidos en raíz.

La variedad Sikuni V 110, presentó mayores concentraciones foliares de P, Mn, N y sobre todo de Fe y Al con los cuales se obtuvieron valores de 5 o 10 veces más a los encontrados con las variedades Clavito e ICA V 109. Lo anterior indica que posiblemente las variedades tolerantes a la toxicidad de aluminio pueden almacenar mayor cantidad de aluminio en el tejido que aquellas variedades que son susceptibles a la toxicidad por este elemento. Sobre este aspecto Cambria et.al.; (1993), señalan que las variedades tolerantes al Al pueden acumular gran parte de este en las vacuolas de la célula impidiendo su efecto nocivo o también absorber compuestos orgánicos de bajo peso molecular que actúan como un mecanismo de detoxificación de Al.

Algunos investigadores como Tan y Binger (1986), establecen que la concentración de aluminio en la parte aérea esta en un amplio rango dependiendo de la planta y del tipo de suelo. Para el caso del maíz, estos investigadores establecen que el Al en tejido puede estar alrededor de 0.06 mg.g^{-1} , valor este mucho más bajo que los encontrados en este estudio.

Baligar et.al; (1987) y Pathirana et.al; (1996), sugieren que los cultivos eficientes en la toma y metabolismo de nutrientes, bajo estrés de aluminio, pueden tener ventaja en el crecimiento en suelos ácidos pobres en nutrimentos tal como parece indicar el comportamiento de la variedad Sikuni en el Oxisol estudiado.

Con relación al efecto de los materiales orgánicos sobre la concentración foliar de nutrientes se encontró que la aplicación de los dos materiales orgánicos al suelo aumentan la absorción de nutrientes como el P, Ca, Mg, K, Fe y Zn, efecto que fue mayor en el caso de la gallinaza. En términos generales, la aplicación de gallinaza incrementó las concentraciones foliares de P, Ca, Mg y K, en los dos semestres. El Zinc solo se incrementó con el uso de la gallinaza en el primer semestre y en el segundo se halló un efecto contrario con el uso de esta fuente orgánica.

Resultados similares han sido reportados por Tan y Binger (1986), Wong y Swift (1996), utilizando ácidos húmicos, Brownell, citado por Chen y Aviad (1990), con Leonardita, Hargrove y Thomas (1981) con turba, Noble et.al; (1995) con productos orgánicos derivados del carbón, Alter y Mitchel (1992), Mitchel y alter (1993) con Vermicompost, Rodríguez (1998), con gallinaza, Bessho y Bell (1995), Navas y Chacón (1997), Hue y Amien (1989), Hoyt y Turner (1975), con abonos verdes, Ahmad y Tan (1986), Bessho y Bell (1995), Rodella et.al; (1990) y Estrada et.al; (1995) con residuos de cosecha. En estos estudios, se muestran los efectos benéficos de los materiales orgánicos sobre el incremento de los nutrientes en tejido y la disminución del efecto tóxico del Al en la planta.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto por Wallace y Anderson (1984), Cambria et.al; (1983) y Blamey et.al; (1990), quienes proponen que la tolerancia al aluminio debe estar relacionada con la habilidad de las plantas en prevenir que el aluminio entre a la célula o que una vez dentro de ella haya mecanismos específicos de detoxificación.

Con respecto al N, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos lo cual puede estar relacionado con la aplicación de $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N en todos los tratamientos, cantidad que parece satisfacer las necesidades de la planta tal como lo ha encontrado León et.al; (1995) y Torres (1994). Así mismo, la cantidad de N aplicado, como urea, puede estar enmascarando los aportes y efectos sobre la absorción de este nutrimento por los materiales orgánicos utilizados especialmente el caupi. De otra parte es importante resaltar las mayores concentraciones de este nutrimento en el segundo semestre debido a un posible efecto residual de los materiales orgánicos lo cual puede indicar que la adición de estos al suelo podría mejorar la eficiencia en la toma de éste nutrimento en el largo plazo.

Con relación a la aplicación de la cal sobre la concentración foliar de nutrimentos se puede observar en los resultados que esta incrementó las concentraciones en tejido de Ca, Mg y reduce las de Cu, Mn, y Zn. Sobre este aspecto algunos investigadores consideran que altas cantidades de cal pueden originar efectos negativos en las plantas y que puede inducir deficiencias de P y reducción en la absorción de Zn y Mn (Ahmad y Tan, 1986).

Las aplicaciones de 50 kg.ha^{-1} de P al suelo, lograron incrementar no solo las concentraciones foliares de P sino también las de N lo cual se debe posiblemente a la interacción positiva que existe entre estos dos nutrimentos y que ha sido reportada en trabajos como los de Espinosa (1994), Baquero y Apolinar (1986).

La disminución en la absorción de gran parte de los nutrimentos en el segundo semestre, se debe posiblemente a un efecto de la estación seca, propia de este semestre del año, donde se presentaron algunos periodos en los cuales el cultivo estuvo sometido a estrés de sequía disminuyendo así la absorción de nutrimentos como el Ca y el Fe, los cuales requieren de la transpiración para su mayor absorción y transpiración a la parte aérea.

Con relación a algunos mecanismos de la planta para tolerar altas cantidades de elementos tóxicos en sus tejidos, Woolhouse (1983), sugiere que hay variación genética en la capacidad de diversas especies para tolerar cantidades de estas formas tóxicas de metales no esenciales como el plomo, cadmio, plata, aluminio, mercurio o estaño. En algunas especies los elementos se absorben solo en cierto grado por lo que esto se presenta más bien como evitación que tolerancia (Taylor, 1987); en otros casos los elementos se acumulan en las raíces con transporte cero hacia la parte aérea y en otros, tanto raíces como partes aéreas contienen cantidades mucho mayores de estos elementos que las especies o variedades no tolerantes.

Recientemente, se descubrió un mecanismo de tolerancia importante y muy entendido en la fitogenia. Gekeler et.al; 1989, Steffens, 1990 y Rausser, 1990, sugieren que los metales pierden toxicidad al ser quelados, en la célula, con fitoquelatinas, pequeños péptidos ricos en el aminoácido azufrado cisteína. Estos péptidos por lo general tienen de dos a ocho unidades de cisteína en el centro de la molécula, así como un ácido glutámico y una glicina en extremos opuestos. Su formación representa una verdadera respuesta adaptativa a un estrés ambiental.

6.4 Variables agronómicas

En los Anexos 40 y 41, se encuentran algunas de las características estadísticas más importantes para este bloque de variables evaluadas en los dos semestres del año. En

ellos, se puede observar que los coeficientes de variación encontrados se ajustan a los valores normales para este tipo de variables lo cual le da una alta confiabilidad a los resultados obtenidos mediante este diseño experimental.

En la Tabla 9, se presentan los análisis de componentes principales para las diferentes variables agronómicas evaluadas en el primer semestre; En esta, se puede observar que el peso de tallos, el área foliar, el rendimiento de grano y la sobrevivencia de plantas a los 5, 15 y 25 d.d.e., fueron las variables más influenciadas en el primer componente y fueron responsables en gran medida del 47% de las variaciones por efecto de los tratamientos estudiados. En el segundo componente, la altura de planta, el volumen de raíz, la biomasa de hojas y de raíz así como el área foliar, fueron altamente responsables del 32% de la variación de los resultados por efecto de los tratamientos. La altura de planta y la sobrevivencia de plantas a los 5 d.d.e., representan el 10% de la variación de los resultados por efecto de los tratamientos en el tercer componente. En términos generales, estas variables presentaron un 89% de variación en sus resultados por efecto de los tratamientos evaluados en los primeros tres componentes para el primer semestre,

En la Tabla 10, aparecen los análisis de componentes principales para las variables agronómicas evaluadas en el segundo semestre. En esta, se puede observar una tendencia similar a la encontrada en el primer semestre. El rendimiento de grano, el área foliar y la sobrevivencia de plantas a los 5, 15 y 25 d.d.e. representaron el 52 % de la variación de los resultados por efectos de los tratamientos en el primer componente, mientras la altura de planta el volumen de raíz la biomasa seca de hojas tallo y raíz así como el área foliar, fueron afectadas en un 33% por los tratamientos evaluados en el segundo componente. El rendimiento de grano, el volumen de raíz y la altura de planta, se vieron afectadas en un 5% por los tratamientos en el tercer componente. En términos generales, estas variables presentaron una variación del 91% en sus resultados por efectos de los tratamientos evaluados en este semestre. Teniendo en cuenta lo anterior, todas las variables agronómicas evaluadas inicialmente fueron seleccionadas para la discusión e interpretación de los resultados en este trabajo.

Las pruebas de significancia estadística obtenidas para las variables agronómicas evaluadas en los dos semestres (Anexo 42), así como las pruebas de comparación de medias (Anexos 43 al 50) y el análisis de contrastes ortogonales (Anexo 51), confirman

que las variables más influenciadas por los tratamientos fueron el área foliar, rendimiento de grano y la sobrevivencia de plantas a los 5, 15 y 25 días después de emergencia (d.d.e) en los dos semestres. La mayoría de estas variables presentaron una tendencia similar en los dos periodos de estudio. Los coeficientes de determinación (r^2), presentaron valores por encima de 0.6 lo cual muestra que un muy alto porcentaje de las respuestas de las variables evaluadas se deben al efecto de los diferentes tratamientos evaluados.

En términos generales, se observa que las variables agronómicas evaluadas, fueron afectadas en forma significativa principalmente por las variedades y materiales orgánicos utilizadas en los dos semestres; Así mismo, las dosis de cal afectaron significativamente todas las variables excepto el peso de raíz en el primer semestre. Las dosis de fósforo afectaron significativamente todas las variables, excepto la altura de planta y el peso de raíz en los dos semestres.

Tabla 9. Análisis de componentes principales para las variables agronómicas de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos Orientales durante el semestre 1997a

| Variables | Componentes | | |
|--|-------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Altura de planta (cm.pl ⁻¹) | 0.10 | 0.37* | 0.41* |
| Volumen de raíz (cm ³ .pl ⁻¹) | 0.17 | 0.35* | 0.07 |
| Biomasa de hojas (g.pl ⁻¹) | 0.16 | 0.43* | 0.02 |
| Biomasa de tallos (g.pl ⁻¹) | 0.33* | 0.10 | 0.17 |
| Biomasa de raíz (g.pl ⁻¹) | 0.25 | 0.33* | 0.02 |
| Area foliar (cm ² .pl ⁻¹) | 0.36* | 0.42* | 0.04 |
| Rendimiento de grano (kg.ha ⁻¹) | 0.32* | 0.01 | 0.21 |
| Sobrevivencia de plantas 5 d.d.e (%) | 0.30* | 0.12 | 0.46* |
| Sobrevivencia de plantas 15 d.d.e (%) | 0.31* | 0.26 | 0.26 |
| Sobrevivencia de plantas 25 d.d.e (%) | 0.34* | 0.18 | 0.28 |
| Valor característico | 6.14 | 4.15 | 1.32 |
| Proporción de varianza | 0.47 | 0.32 | 0.10 |
| Varianza acumulada | 0.47 | 0.79 | 0.89 |

* Variables seleccionadas.

Tabla 10. Análisis de componentes principales para las variables agronómicas de tres genotipos de maíz evaluados en un Oxisol de los Llanos orientales durante el semestre 1997b

| Variables | Componentes | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Altura de planta (cm.pl ⁻¹) | 0.039 | 0.445* | 0.305* |
| Volumen de raíz (cm ³ .pl ⁻¹) | 0.042 | 0.374* | 0.585* |
| Biomasa de hojas (g.pl ⁻¹) | 0.017 | 0.451* | 0.080 |
| Biomasa de tallos (g.pl ⁻¹) | 0.105 | 0.436* | 0.081 |
| Biomasa de raíz (g.pl ⁻¹) | 0.016 | 0.331* | 0.152 |
| Area foliar (cm ² .pl ⁻¹) | 0.285* | 0.372* | 0.079 |
| Rendimiento de grano (kg.ha ⁻¹) | 0.269* | 0.099 | 0.694 |
| Sobrevivencia de plantas 5 d.d.e (%) | 0.380* | 0.027 | 0.101 |
| Sobrevivencia de plantas 15 d.d.e (%) | 0.380* | 0.046 | 0.066 |
| Sobrevivencia de plantas 25 d.d.e (%) | 0.380* | 0.041 | 0.049 |
| Valor característico | 6.7 | 4.3 | 0.84 |
| Proporción de varianza | 0.52 | 0.33 | 0.06 |
| Varianza acumulada | 0.52 | 0.85 | 0.91 |

*Variables seleccionadas.

Al analizar cada una de las variables agronómicas en forma independiente, se observa que la altura de planta (cm.pl⁻¹), fue afectada en forma altamente significativa por las variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal, en los dos semestres; así mismo, se presentaron efectos altamente significativos para algunas de las interacciones entre fuentes orgánicas y dosis de cal y entre variedades con fuentes orgánicas y dosis de fósforo. No se encontraron efectos significativos originados por las dosis de fósforo.

De acuerdo con los resultados que aparecen en la Figura 34 y las pruebas de comparación de medias (Anexos 43 y 44), la variedad Clavito presentó las mayores alturas de planta (225 y 226 cm.pl⁻¹), en los dos semestres; estos valores difieren estadísticamente de los obtenidos con la variedad ICA V 109 con 194 y 192 (cm.pl⁻¹) y de 191 y 177 (cm.pl⁻¹), obtenidos con la variedad Sikuaní en primero y segundo semestre, respectivamente.

De otra parte, la aplicación de materiales orgánicos, especialmente la gallinaza, incrementaron la altura de planta en todas las variedades, en los dos semestres, tal como

se observa en la Figura 34 y en las pruebas de comparación de medias (Anexos 45 y 46). Estos resultados son corroborados con los análisis de contrastes ortogonales realizados para esta variable (Anexos 51 y 52). De acuerdo con esto, las mayores alturas de planta se presentaron con el uso de la gallinaza (213 y 209 cm.pl⁻¹), en los dos semestres respectivamente, siendo este valor estadísticamente diferente al obtenido con el caupi (200 y 195 cm.pl⁻¹), en primero y segundo semestre y a 197 y 190 (cm. cm.pl⁻¹), obtenidos sin la aplicación de materia orgánica, en estos mismos periodos.

La aplicación de dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal dolomita, afectó significativamente la altura de planta de las variedades Sikuni V 110 e ICA V 109, en el primer semestre y de Sikuni V 110, ICA V 109 y Clavito en el segundo semestre. Este efecto fue más evidente en los tratamientos que contenían caupi y gallinaza, lo cual muestra una interacción positiva entre estos factores (Figura 34), (Anexos 51 y 52). La altura de planta promedio, con la dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal, fue de 206 y 207 (cm.pl⁻¹), en primero y segundo semestre, respectivamente; Estos valores fueron estadísticamente superiores en 5 y 18 cm a los obtenidos sin la aplicación de cal, en los mismos periodos de evaluación (Anexos 46 y 47).

La variable volumen de raíz (cm³.pl⁻¹), fue afectada en forma altamente significativa por las variedades y fuentes orgánicas y en forma significativa por las dosis de fósforo utilizadas en los dos semestres de estudio. Adicionalmente, se presentaron efectos significativos para algunas de las interacciones entre variedades con fuentes orgánicas y dosis de fósforo (Figura 35), (Anexo 42).

Los mayores volúmenes de raíz lo presentaron las variedades Clavito e ICA V 109 con valores de 108 y 108 (cm³.pl⁻¹), respectivamente para el primer semestre; Para el segundo semestre, estas mismas variedades obtuvieron valores de 99 y 100 (cm³.pl⁻¹); Estos valores obtenidos fueron diferentes a los obtenidos con la variedad Sikuni, cuyos valores obtenidos fueron de 88 y 84 (cm³.pl⁻¹), para los dos semestres de estudio respectivamente (Figura 35), (Anexos 43, 44, 51 y 52).

La aplicación de materiales orgánicos incrementó el volumen de raíz, efecto que fue mayor con la aplicación de gallinaza. En términos generales, los mayores volúmenes de raíz (16 y 108 cm³.pl⁻¹), en el primero y segundo semestre, se obtuvieron con la aplicación

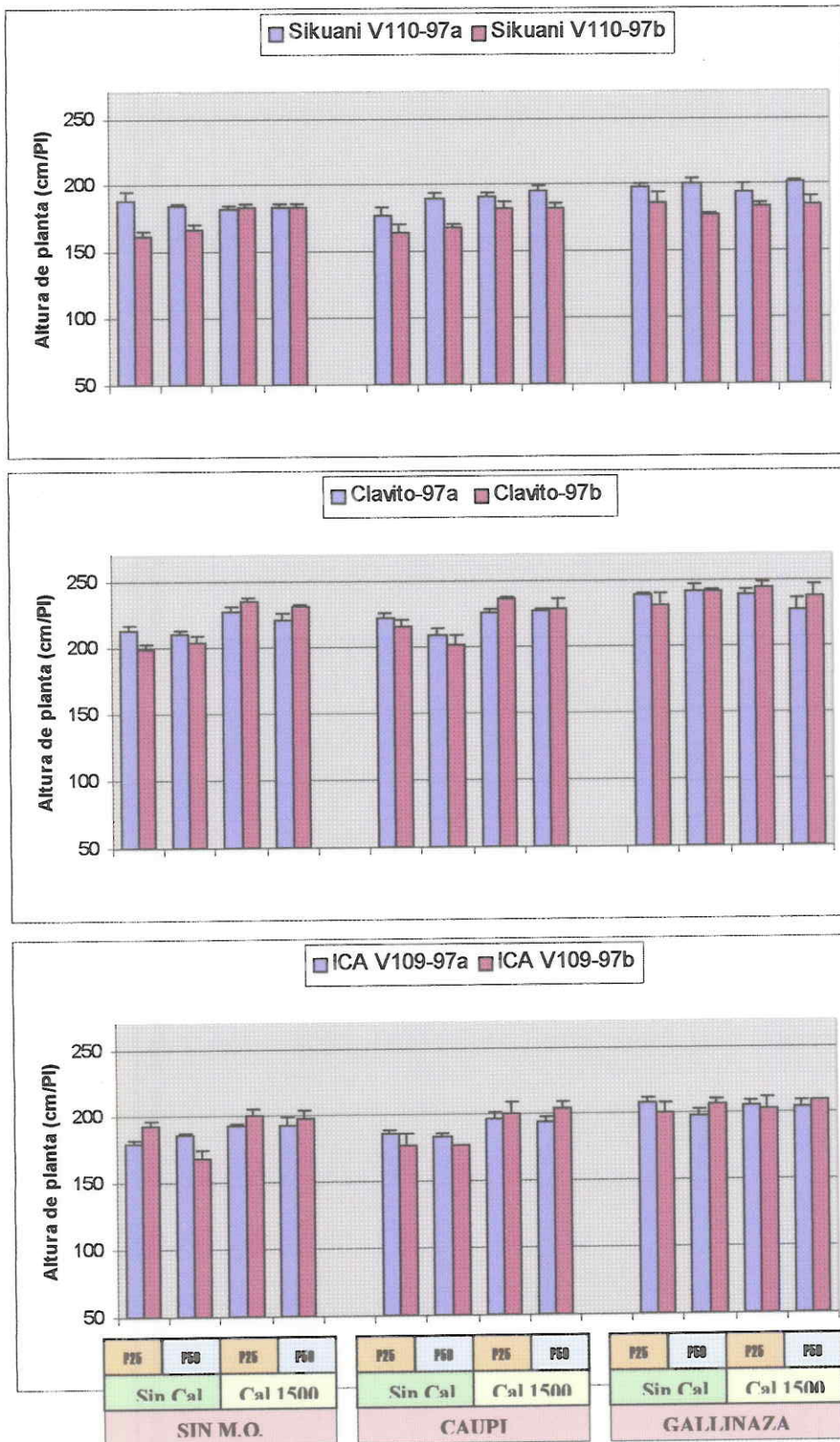


Figura 34. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la altura de planta (cm.pl⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

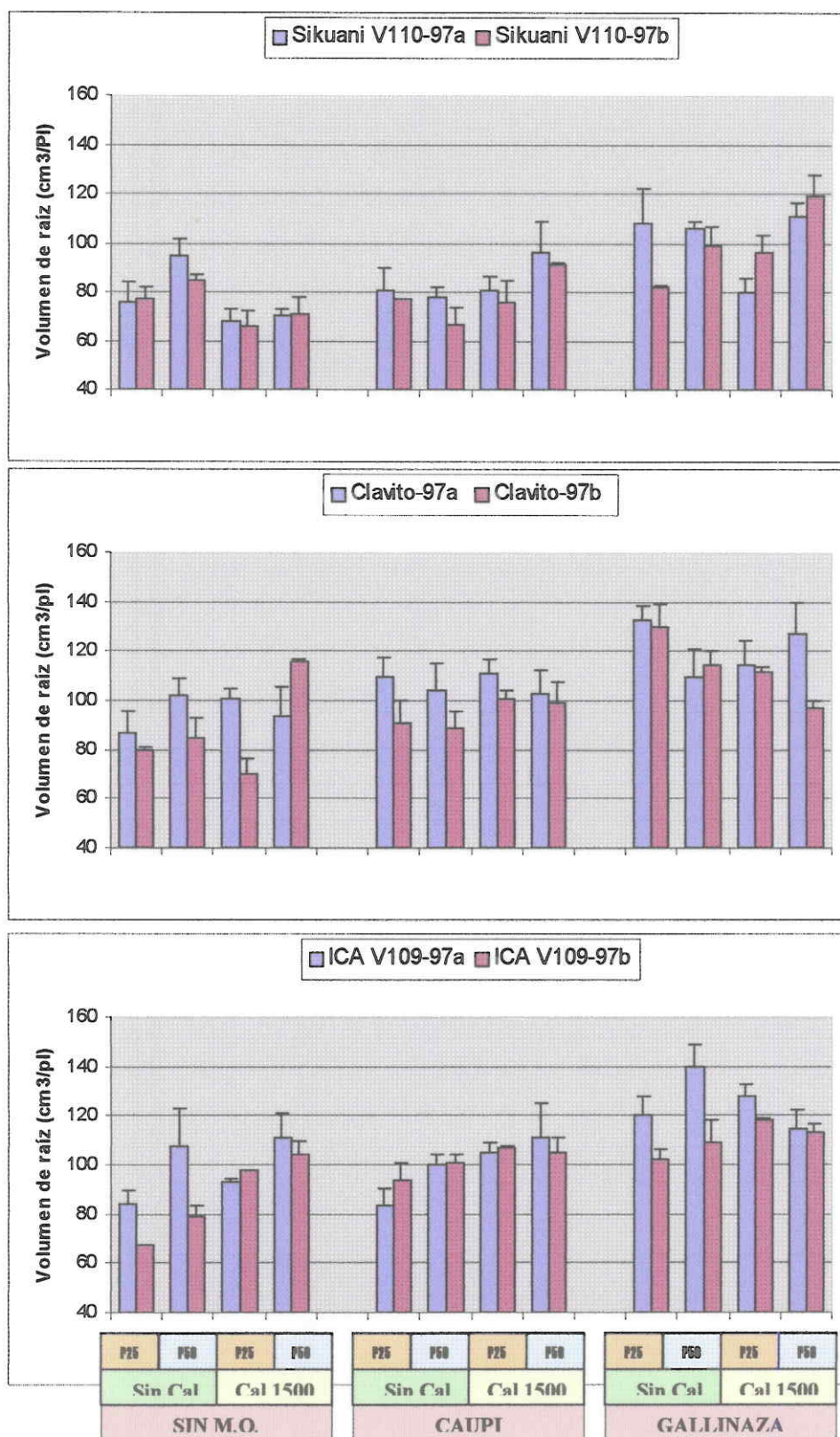


Figura 35. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el volumen de raíz (cm³/pl), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

de gallinaza; estos valores fueron estadísticamente diferentes a los obtenidos con el caupi y con el testigo sin materia orgánica (97 y 91 $\text{cm}^3\text{pl}^{-1}$), en el primer semestre y 91 y 83 ($\text{cm}^3\text{pl}^{-1}$), en el segundo (Anexos 45, 46, 51 y 52).

Con relación a la aplicación de cal, solo se presentaron diferencias significativas, para esta variable, en el segundo semestre. El mayor volumen de raíz (98 $\text{cm}^3\text{pl}^{-1}$), se obtuvo con la aplicación de 1500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal, mientras el valor obtenido con el testigo sin cal fue de 91 ($\text{cm}^3\text{pl}^{-1}$) (Anexos 47 y 48). El efecto positivo de la cal fue más evidente en las variedades Sikvani e ICA V 109, principalmente con la aplicación de gallinaza (Figura 35), (Anexos 47, 48, 51 y 52).

La aplicación de 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P presentó, en los dos semestres, los mayores volúmenes de raíz, este efecto fue más notorio en las variedades Sikvani e ICA V109 con la aplicación de gallinaza y caupi y 1500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal. En términos generales, el comportamiento de esta variable con las dosis de P, presentó valores promedio de 98 y 104 (cm^3pl) para las dosis de 25 y 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P respectivamente en el primer semestre y de 91.9 y 97.4 $\text{cm}^3\text{pl}^{-1}$ en el segundo semestre (Anexos 49 y 50) .

La biomasa seca de hojas ($\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$), fue afectada en forma altamente significativa por las variedades y fuentes orgánicas en los dos semestres; así mismo, se presentaron efectos altamente significativos con las dosis de fósforo en primer semestre y con las dosis de cal en el segundo. De otra parte, se encontraron efectos altamente significativos para algunas de las interacciones entre variedades con fuentes orgánicas y dosis de cal en el segundo semestre (Anexo 42).

Las mayores producciones de biomasa seca de hojas, fueron obtenidas con la variedad Clavito la cual obtuvo valores promedio de 27.9 y 27. ($\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$), en primero y segundo semestre, respectivamente; Le siguió la variedad ICA V 109 con 23.8 y 26.3 ($\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$), en los mismos periodos de evaluación; estos valores fueron estadísticamente diferentes en cada semestre. Las producciones de biomasa de hojas, estadísticamente inferiores, a nivel de variedades, fueron obtenidas con la variedad Sikvani V110 (21.6 y 21.2 $\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$), en cada semestre.

La adición de materiales orgánicos incrementó la biomasa de hojas en las tres variedades utilizadas en los dos semestres de estudio; este efecto, fue mayor con el uso de la gallinaza. La producción promedio, con la aplicación de esta fuente orgánica fue de 27.1 (g.pl⁻¹), en el primer semestre y de 27.9 (g.pl⁻¹), en el segundo semestre. Estos valores fueron estadísticamente superiores a los obtenidos con el uso del caupi y con el testigo sin materia orgánica (Anexos 45, 51 y 52).

No se encontraron diferencias significativas en la producción de biomasa de hojas por efecto de la adición de 1500 kg.ha⁻¹ de cal para el primer semestre; sin embargo, para el segundo semestre, la aplicación de estas dosis de cal, incrementó la producción de biomasa foliar con valores promedio de 26.9 (g.pl⁻¹), valor este que difiere estadísticamente de 22.8 (g.pl⁻¹), obtenido con el testigo sin cal. (Anexos 48 y 52).

La aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de P, presentó incrementos significativos de biomasa foliar con relación a la dosis de 25 kg.ha⁻¹ únicamente en el primer semestre; los valores promedio, obtenidos para esta variable, fueron de 25.4 (g.pl⁻¹), para la dosis de 50 kg.ha⁻¹ y de 23.5 (g.pl⁻¹), para la dosis de 25 kg.ha⁻¹ de P (Anexos 42, 49 y 50).

La producción de biomasa de tallos (g.pl⁻¹), fue afectada en forma altamente significativa por las variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal y en forma significativa por la dosis de fósforo, en los dos semestres. En el segundo semestre, se presentaron diferencias altamente significativas para algunas de las interacciones resultantes entre las variedades con los materiales orgánicos y entre materiales orgánicos con las dosis de cal utilizadas (Anexo 42).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias, las mayores producciones de biomasa de tallos, fueron obtenidas con la variedad Clavito con 175.4 (g.pl⁻¹), seguida por ICA V 109 con 130 (g.pl⁻¹), y Sikuaní con 71.3(g.pl⁻¹), en el primer semestre, mientras para el segundo semestre, la mayor biomasa de tallos la obtuvo la variedad Sikuaní (114 g.pl⁻¹), valor que fue estadísticamente superior a los valores obtenidos con ICA V 109 (107.1 g.pl⁻¹) y Clavito con 101.1 (g.pl⁻¹). (Figura 37), (Anexos 44, 51 y 52).

El uso de materiales orgánicos afectó en forma altamente significativa la producción de biomasa de tallos en los dos semestres (Anexos 42, 51 y 52). De acuerdo con la prueba

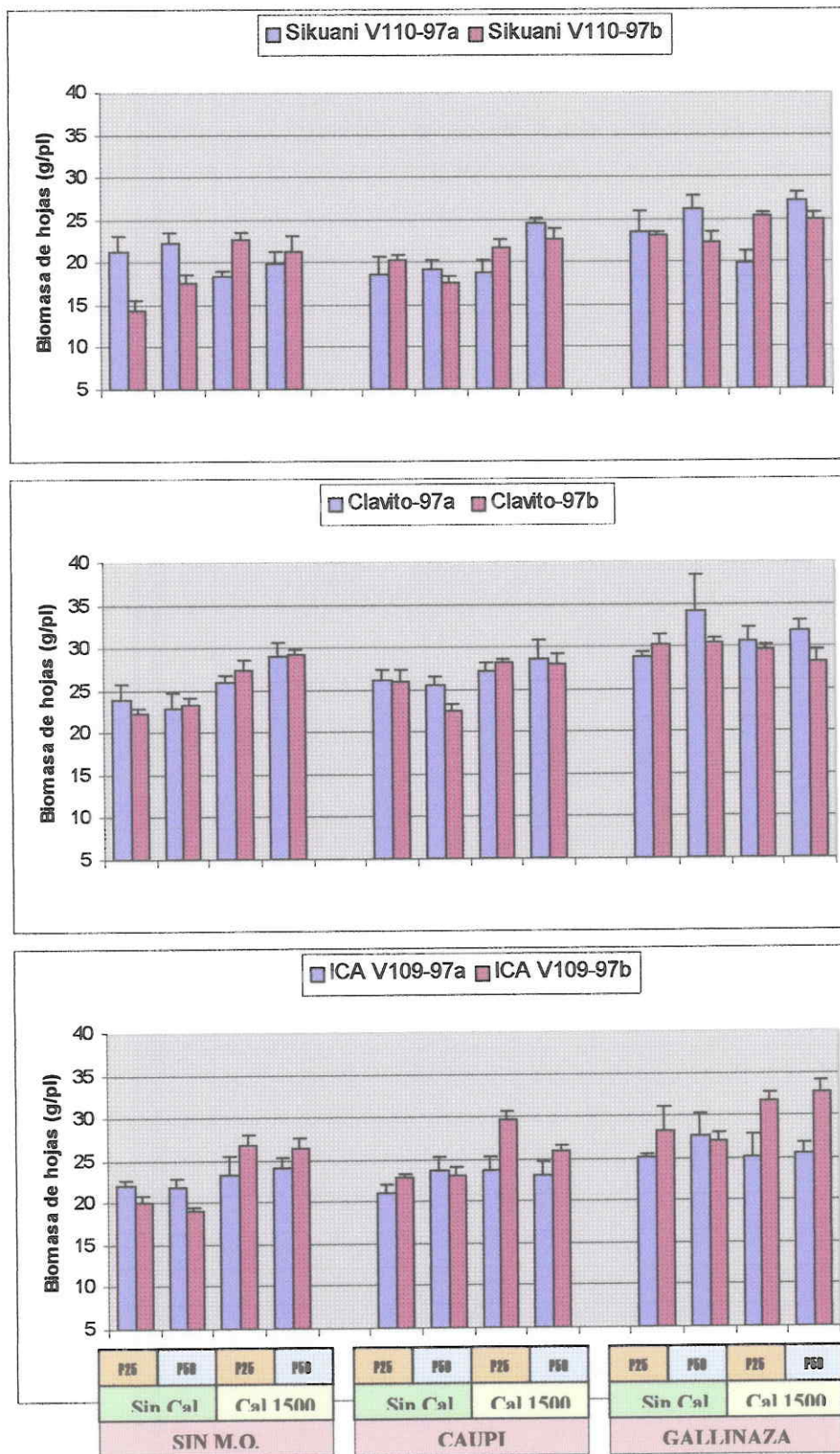


Figura 36. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la Biomasa de hojas ($\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

de comparación de medias (Anexos 45 y 46), los mayores valores, para esta variable, se obtuvieron con la aplicación de gallinaza (140.1 y 124.8 g.pl^{-1}), en primero y segundo semestre, mientras, con valores estadísticamente inferiores están el caupi (123.9 y 02 g.pl^{-1}) y el testigo sin materia orgánica con 113.9 y $94.9 \text{ (g.pl}^{-1})$, respectivamente para cada semestre de estudio.

Con relación a las dosis de cal utilizada sobre esta variable, la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal dolomita, presentó efectos altamente significativos sobre la biomasa de tallos en las tres variedades utilizadas en los dos semestres de evaluación (Figura 37), (Anexos 51 y 52). De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexo 47), la mayor producción de biomasa de tallo, en el primer semestre (134.2 g.pl^{-1}), se obtuvo con la dosis de 1500 kg.ha^{-1} de cal; este valor fue estadísticamente superior al obtenido con el promedio de tratamientos sin cal (117.0 g.pl^{-1}). Para el segundo semestre la tendencia encontrada fue similar, aunque con biomasa de tallos ligeramente inferior (Anexos 47 y 48).

La aplicación de 50 kg.ha^{-1} de P, incrementó, en todas las variedades y en los dos semestres, la producción de biomasa de tallos; este efecto fue más notorio en los tratamientos que tenían gallinaza y 1500 kg.ha^{-1} de cal, lo cual mostró una interacción positiva entre estos factores (Figura 37), (Anexos 51 y 52). De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 48 y 49), los valores de biomasa de tallo obtenidos para los dos semestres de evaluación, fueron encontrados con la aplicación de 50 kg.ha^{-1} de P (130.1 y 110.5 g.pl^{-1}), los cuales fueron estadísticamente superiores a los obtenidos con 25 Kg.ha^{-1} de P (121.1 y 104.3 g.pl^{-1}), en forma respectiva.

La producción de biomasa seca de raíz (g.pl^{-1}), fue afectada en forma altamente significativa por las variedades y fuentes orgánicas utilizadas en el primer semestre. Para el segundo semestre, los efectos altamente significativos, sobre esta variable, fueron debido a las variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal. Adicionalmente, se presentaron algunas interacciones entre variedades con dosis de fósforo; variedades con fuentes orgánicas y entre fuentes orgánicas con dosis de cal (Anexos 51 y 52). En forma general, los mayores pesos de raíz se obtuvieron en el primer semestre, aunque no se observaron tendencias claras, en ese semestre, para el efecto de las dosis de cal y

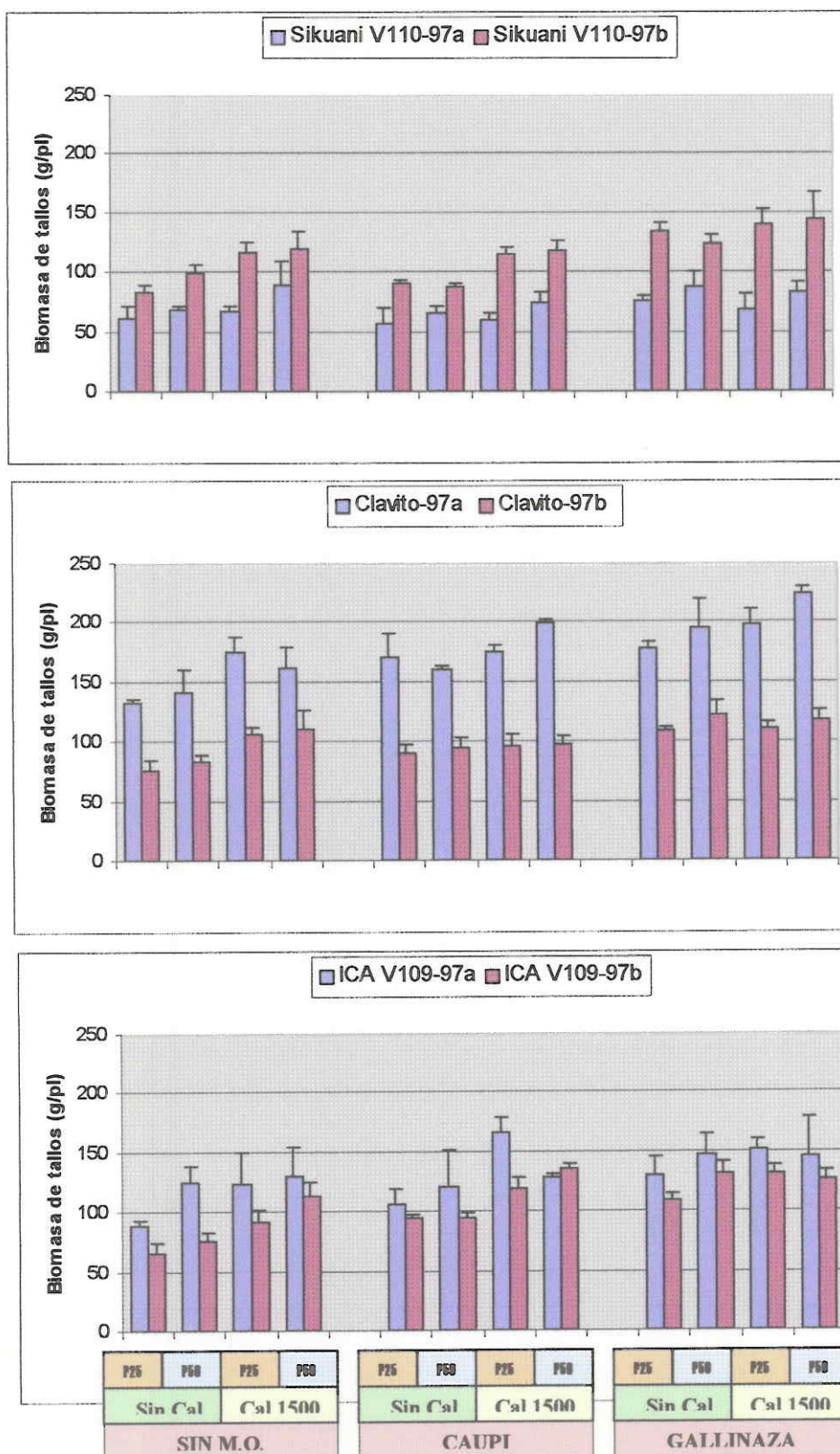


Figura 37. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la Biomasa de tallos ($g.pl^{-1}$), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

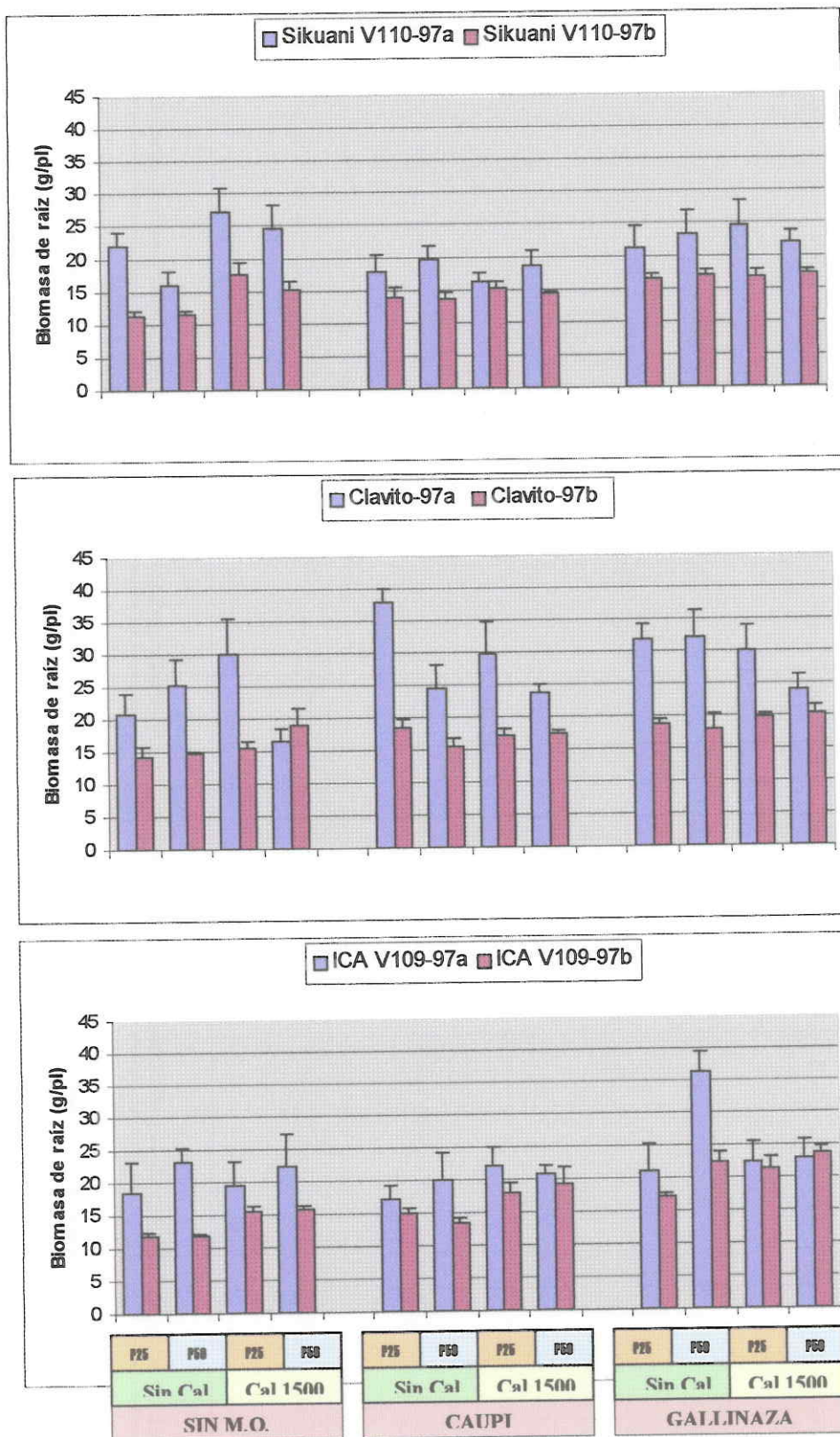


Figura 38. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la Biomasa de raíz (g/pl), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

fósforo. En el segundo semestre, esta tendencia fue más clara, evidenciando un posible efecto residual de los tratamientos sobre esta variable (Figura 38).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias para las variedades, en el primer semestre, los mayores pesos de biomasa radicular se obtuvieron con la variedad Clavito (27.2 g.pl⁻¹), valor que difiere estadísticamente del obtenido con la variedad ICA V 109 (22.2 g.pl⁻¹) y Sikvani (21.1 g.pl⁻¹). Para el segundo semestre, el mayor peso promedio de raíz, se obtuvo con la variedad Clavito (17.4 g.pl⁻¹), seguido por ICA V 109 (17.1 g.pl⁻¹), valores que difieren estadísticamente del obtenido con la variedad Sikvani (15.0 g.pl⁻¹) (Anexo 44).

La producción promedio de la biomasa de raíz, de acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 45 y 46), permitieron observar que el uso de la gallinaza, presentó los mayores valores para esta variable (26.0 y 19.1 g.pl⁻¹), en primero y segundo semestre, en forma respectiva; Estos valores difieren estadísticamente de los obtenidos con caupi (22.3 y 15.8 g.pl⁻¹) y sin materia orgánica (22.2 y 14.5 g.pl⁻¹).

Con relación a la aplicación de Cal, en el Anexo 42, se puede observar, que se presentaron efectos significativos, solo en el segundo semestre, para todas las variedades; así mismo, se encontró una interacción positiva entre las dosis de cal con los materiales orgánicos utilizados (Anexo 52). De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexo 48), el mayor peso de raíz (17.8 g.pl⁻¹), se obtuvo con la dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal, valor estadísticamente superior al obtenido sin la aplicación de cal (15.3 g.pl⁻¹).

La producción de biomasa radicular, no fue afectada significativamente por las dosis de P evaluadas en los dos semestres de estudio.

La variable área foliar (cm².pl⁻¹), fue afectada en forma altamente significativa por las variedades, fuentes orgánicas, dosis de cal y dosis de fósforo; así mismo se presentaron efectos altamente significativos y significativos para varias interacciones entre los factores evaluados (Anexos 42, 51 y 52). En todos los casos, el área foliar fue más baja en el segundo semestre, guardando una tendencia similar en los dos periodos de estudio. En términos generales, las mayores áreas foliares, en todas las variedades se presentaron

con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, 50 kg.ha^{-1} de P y con el uso de gallinaza. (Figura 39).

El comportamiento promedio del área foliar con respecto al promedio de las variedades, en el primer semestre (Anexo 43), indicó, que los mayores valores fueron obtenidos con Clavito ($4661 \text{ cm}^2.\text{pl}^{-1}$), seguido por Sikuni con $4033 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$ y por último con ICA V 109 con $3727 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$, valores estos que difieren estadísticamente entre si. Para el segundo semestre la mayor área foliar se obtuvo con la variedad Clavito ($4576 \text{ cm}^2.\text{pl}^{-1}$), seguida por ICA V 109 con $4289 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$, y por último con la variedad Sikuni con $3328 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$, valores estadísticamente diferentes entre si (Anexo 44).

Con relación a las fuentes orgánicas utilizadas, los resultados obtenidos (Figura 39), permitieron encontrar que los mayores valores de área foliar se generaron por el uso de la gallinaza y caupi, respectivamente. Para el primer semestre, el área foliar promedio obtenida con el uso de la gallinaza fue de $4845 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$, seguida por el caupi con $4004 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$ y por el testigo sin materia orgánica con $3572 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$, valores estos estadísticamente diferentes entre si. Para el segundo semestre, esta tendencia se mantuvo; el mayor valor de área foliar ($4676 \text{ cm}^2.\text{pl}^{-1}$), se obtiene con el uso de la gallinaza, seguido por el caupi con $3926 \text{ (cm}^2.\text{pl}^{-1})$ y por último el testigo sin materia orgánica ($3576 \text{ cm}^2.\text{pl}^{-1}$), estos valores fueron estadísticamente diferentes entre si (Anexos 45 y 46).

El área foliar presentó diferencias altamente significativas, en los dos semestres, debido a las dosis de cal utilizadas. Los mayores valores de área foliar fueron obtenidos, en las tres variedades, con la dosis de 1500 kg.ha^{-1} de cal y con la adición de materiales orgánicos, principalmente gallinaza; estos efectos nuevamente corroboran las interacciones positivas entre la cal y la gallinaza (Figura 39), (Anexos 42, 51 y 52).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 47 y 48), los mayores valores de área foliar (4285 y $4488 \text{ cm}^2.\text{pl}^{-1}$), para primero y segundo semestre, fueron obtenidos con el uso de 1500 kg.ha^{-1} de cal. Estos valores fueron estadísticamente superiores a los encontrados con el testigo sin cal (3995 y $3682 \text{ cm}^2.\text{pl}^{-1}$), para los mismos semestres de evaluación.

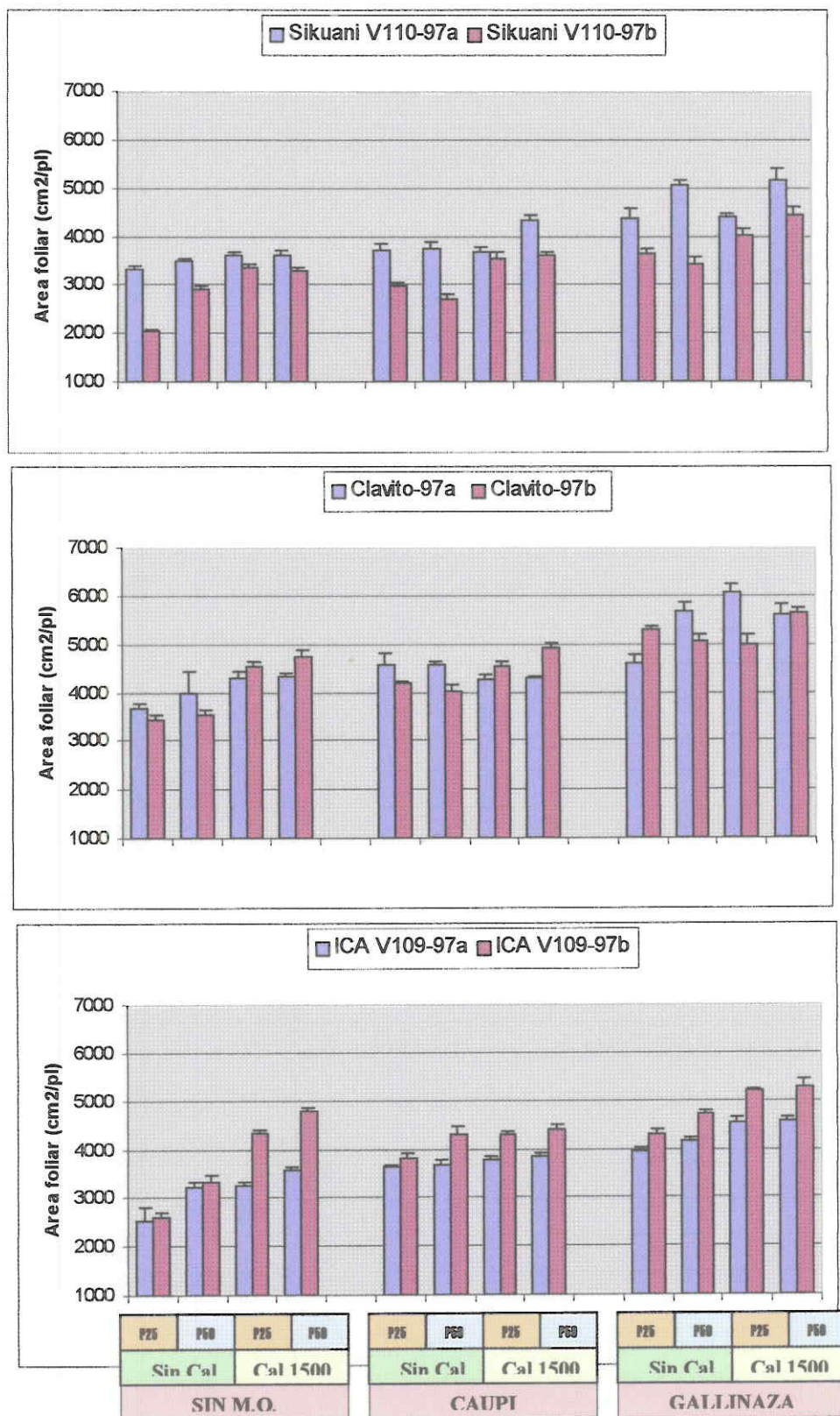


Figura 39. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el área foliar (cm².pl⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

Las dosis de P aplicadas y su efecto sobre el área foliar de las tres variedades, no fue tan definido como el encontrado con fuentes orgánicas y dosis de cal, sin embargo, la tendencia general fue a presentar mayores valores de área foliar con la dosis de 50 kg.ha⁻¹ de P en todos los tratamientos que llevaba gallinaza y 1500 kg.ha⁻¹ de cal (Figura 39) (Anexos 51 y 52). De acuerdo con la prueba de comparación de medias para las dosis de P, en los Anexos 49 y 50, se puede observar que los mayores valores de área foliar (4272 y 4181 cm².pl⁻¹), fueron obtenidos con la aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de P en el primero y segundo semestre, en forma respectiva; estos valores difieren estadísticamente de los encontrados con la aplicación de 25 kg.ha⁻¹ de P en los mismos periodos de evaluación (4009 y 394 cm².pl⁻¹).

La variable rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) al 14% de humedad, presentó diferencias altamente significativas por efecto de las variedades, fuentes orgánicas, dosis de cal y dosis de fósforo en los dos semestres de evaluación; adicionalmente, se encontraron efectos significativos y altamente significativos para las interacciones entre cada una de las variables independiente que se evaluaron (Anexos 42, 51 y 52) (Figura 40). En forma general y de acuerdo con los resultados obtenidos, en la Figura 40, se puede observar que los rendimientos de grano, en el segundo semestre, fueron más bajos a los obtenidos en el primer semestre del año. Este efecto fue producto de factores climáticos que originaron periodos prolongados de sequía en el segundo semestre, especialmente en la fase de llenado de grano.

La tendencia encontrada, a nivel de variedades, para el rendimiento de grano, en los dos semestres de estudio es relativamente similar, sin embargo, existen efectos positivos con el uso de la gallinaza, las dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal y la aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de P. Este efecto es mucho más evidente en la variedad ICA V 109 (variedad susceptible al Al) y en el segundo semestre de evaluación. (Figura 40), (Anexos 51 y 52).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias para las variedades evaluadas (Anexos 43 y 44), los mayores rendimientos de grano fueron obtenidos con la variedad Sikvani (3970 y 3289 kg.ha⁻¹), para primero y segundo semestre, le siguió la variedad ICA V 109 con 3333 y 3046 (kg.ha⁻¹) y por último la variedad Clavito con 2688 y 2638 (kg.ha⁻¹) en los mismos semestre de estudio. Estos valores presentaron diferencias estadísticas entre si en cada uno de los semestres.

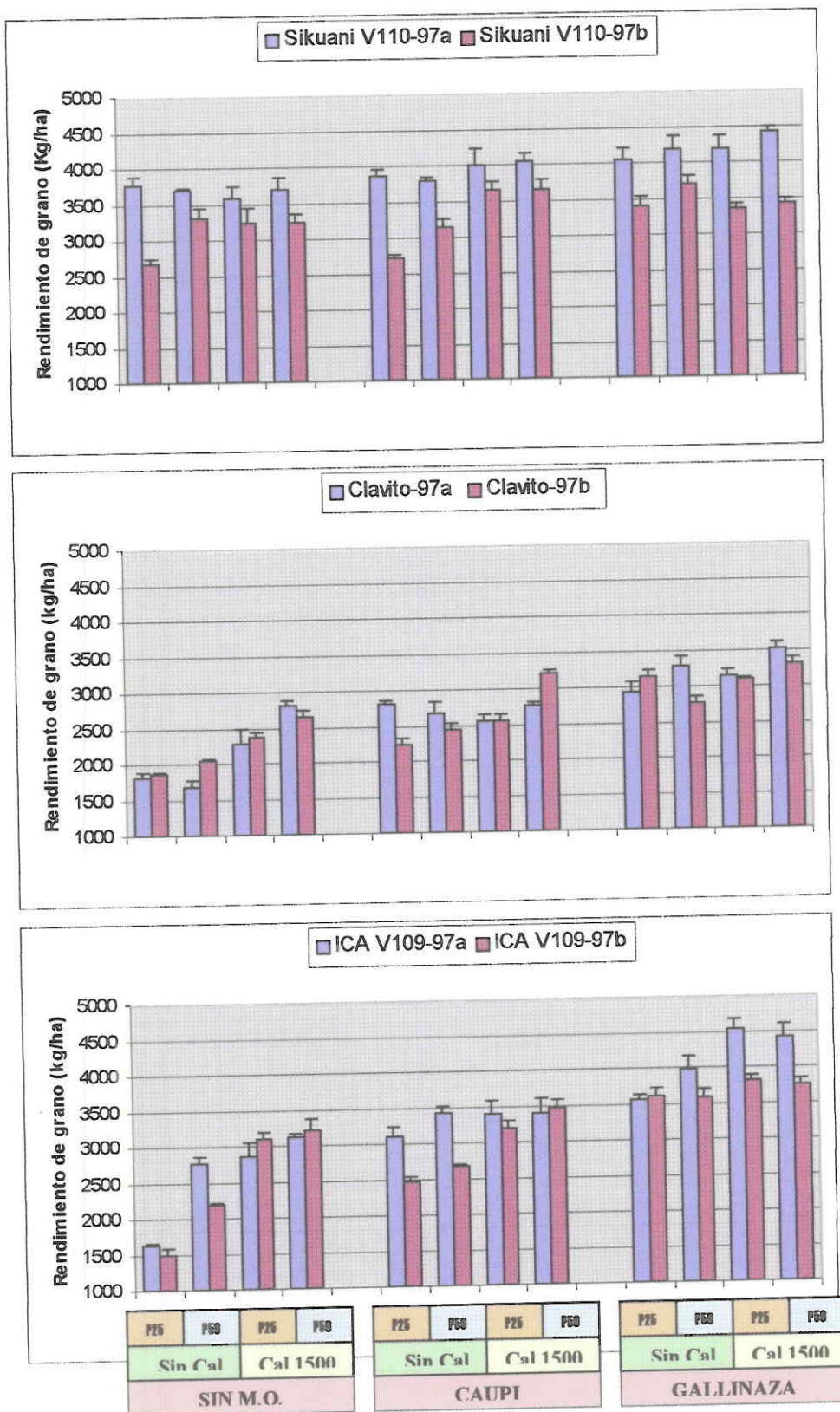


Figura 40. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre el Rendimiento de grano (kg.ha⁻¹), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

Es importante resaltar que a nivel de variedades, las mayores variaciones en el rendimiento de grano, fueron obtenidas con la variedad susceptible al AI (ICA V 109). En esta variedad, el rendimiento se incrementó en 2880 y 2253 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en primero y segundo semestre, con el uso de gallinaza, 1500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal y con 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P, en comparación con el tratamiento testigo sin materia orgánica, sin cal y con 25 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P. La variedad que menor variación presentó fue la Sikuaní con 716 y 757 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en los mismos semestres y tratamientos evaluados (Figura 40).

Con relación al uso de materiales orgánicos, se observa una interacción positiva, para el rendimiento de grano, con la aplicación de 1500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal y 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P (Figura 40), (Anexos 51 y 52). De otra parte, las mayores variaciones de rendimiento de grano, de acuerdo a las fuentes orgánicas, fueron obtenidas con la variedad ICA V 109 en los tratamientos con gallinaza. Los incrementos de rendimiento, con este tratamiento, fueron de 789 y 827 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en primero y segundo semestre, frente al caupi y de 1527 y 1186 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), con relación al testigo sin materia orgánica.

De acuerdo con la prueba de comparación de medias para las fuentes orgánicas (Anexos 45 y 46), se puede observar que los mayores rendimientos de grano, para primero y segundo semestre, fueron obtenidos con la aplicación de gallinaza (3839 y 3415 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), seguido por el caupi con 3321 y 2936 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y por último el testigo sin materia orgánica con 2831 y 2613 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Estos valores difieren estadísticamente entre sí.

El rendimiento de grano de acuerdo con las dosis de cal aplicadas, mostró diferencias significativas en los dos semestres (Anexo 42). En todos los casos, la aplicación de 1500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal, incrementó los rendimientos de grano; este efecto fue más evidente con la aplicación de gallinaza y en el primer semestre de evaluación. De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 47 y 48), los mayores rendimientos de grano (3508 y 3239 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en primero y segundo semestre, fueron obtenidos con la aplicación de 1500 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cal; estos valores fueron estadísticamente superiores a los obtenidos con el testigo sin cal (3153 y 2743 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en los mismos semestres de evaluación.

El efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento de grano, presentó diferencias altamente significativas, en los dos semestres de estudio. Los resultados de las tablas 89 y 90, permiten observar que los mayores rendimientos de grano, fueron obtenidos con la

dosis de 50 kg.ha^{-1} de P; este efecto es más notorio con el uso de 1500 kg.ha^{-1} de cal y la aplicación de gallinaza en todas las variedades, especialmente el segundo semestre de evaluación (Anexos 42, 51 y 52). De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 49 y 50), los mayores rendimientos de grano (3441 y 3099 kg.ha^{-1}), fueron obtenidos con la aplicación de 50 kg.ha^{-1} de P; estos valores fueron estadísticamente superiores a los obtenidos con las dosis e 25 kg.ha^{-1} de P (3230 y $2884 \text{ (kg.ha}^{-1})$), en ambos semestres.

La variable sobrevivencia de plantas (%) a los 5 días después de emergencia (d.d.e), presentó diferencias altamente significativas por efecto de las variedades y fuentes orgánicas en los dos semestres lo cual muestra una tendencia uniforme de esta variable en los dos periodos de estudio (Anexos 42, 51 y 52).

En la Figura 41, se presentan los resultados obtenidos para esta variable. En el anexo 43, se puede observa que el mayor porcentaje de sobrevivencia de plantas se encontró en la variedad Sikuaní con 84 %, seguido por Clavito e ICA V 109 con 81 % valores que difieren estadísticamente entre sí. En el segundo semestre, la mayor sobrevivencia de plantas a los 5 d.d.e. se encontró nuevamente con la variedad Sikuaní 82%, seguida por ICA V109 con 81% y por último con Clavito (80%) valores que difieren estadísticamente (Anexo 44).

Con relación a los materiales orgánicos, se observa que los mayores porcentajes de sobrevivencia se encontraron con la aplicación de caupi y gallinaza. El comportamiento promedio, para el primer semestre, se presenta en el Anexo 45, donde se observa que con el uso de la gallinaza, se obtuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia de plantas (84%) seguido por el caupi (82%) y sin aplicación de materia orgánica (80%), valores que difieren estadísticamente entre sí. Para el segundo semestre, en el Anexo 46, se puede observar que los mayores porcentajes de sobrevivencia de plantas se presentaron con la aplicación de gallinaza (83%), seguido por caupi (81%) y el testigo sin fuente orgánica (80%), valores estos que difieren estadísticamente.

Para la dosis de cal y fósforo no se presentaron diferencias significativas de acuerdo con el análisis de varianza (Anexo 42) y la prueba de contrastes ortogonales (Anexos 51 y 52).

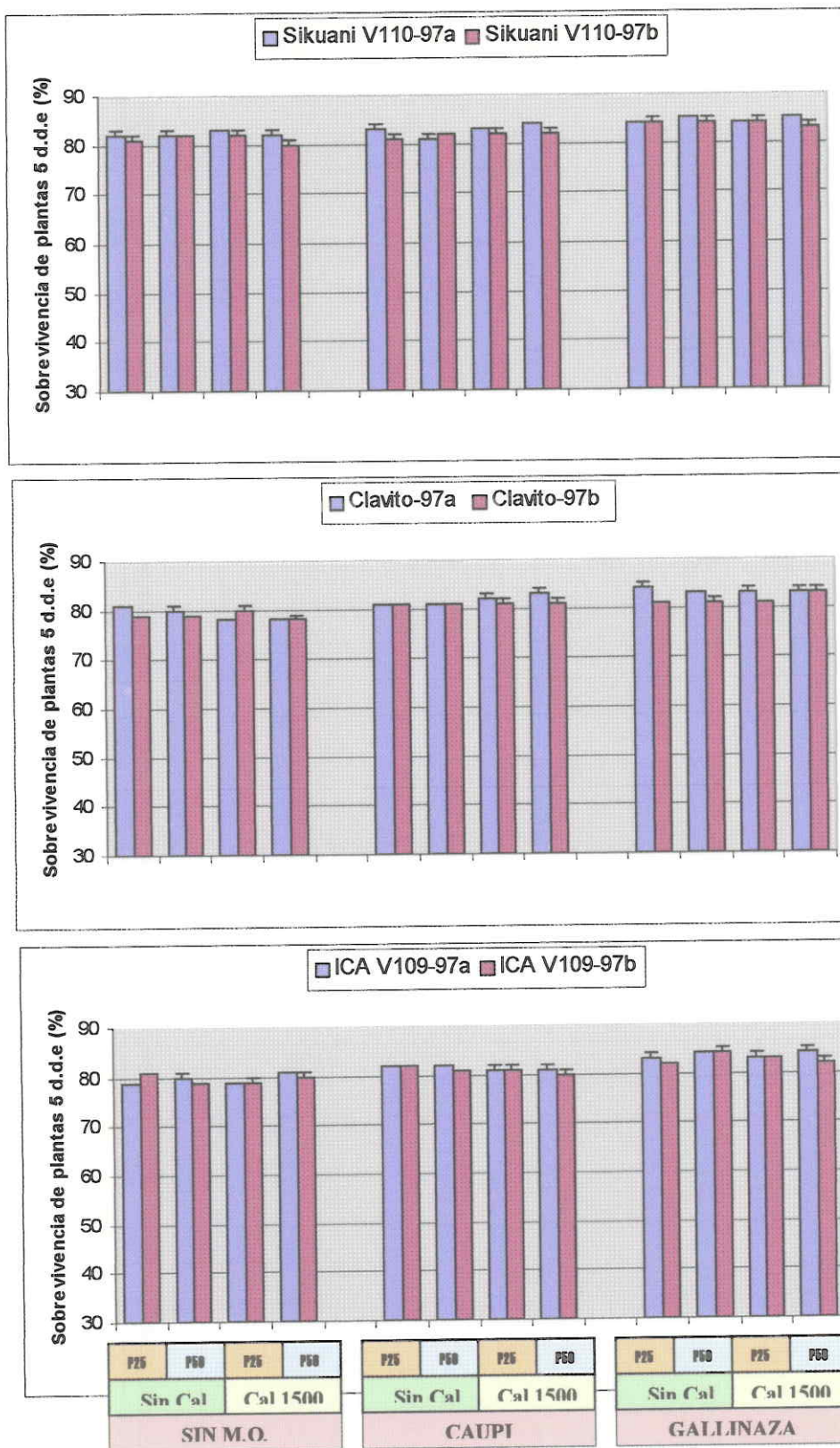


Figura 41. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la sobrevivencia de plantas a los 5 d.d.e (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

La sobrevivencia de plantas (%) a los 15 días después de emergencia (15 d.d.e), presentó diferencias entre variedades, fuentes orgánicas, dosis de cal y dosis de fósforo en los dos semestres. Para el primer semestre, presentó diferencias significativas en todas las interacciones dobles excepto para las interacciones entre variedades con dosis de fósforo, así mismo, presentó diferencias altamente significativas para la interacción entre variedades con fuentes orgánicas y con dosis de cal. Para el segundo semestre la tendencia es similar y se presentaron diferencias significativas en las interacciones dobles (Anexos 42, 51 y 52).

En la Figura 42, se presentan los resultados obtenidos para esta variable con los tratamientos evaluados. En estas, Se puede observar que la variedad que menos variación presentó fue la Sikvani con valores entre 81% a 84% en el primer semestre y 80% a 84% en el segundo. La mayor variación se presentó en la variedad ICA V109 con rangos entre 45% y 73% en el primer semestre y de 55% a 74% en el segundo. Los valores más bajos se obtuvieron con los tratamientos testigos sin materiales orgánicos, sin cal y con 25 kg.ha⁻¹ de P y los valores más altos se encontraron con la adición de gallinaza, 1500 kg.ha⁻¹de cal y 50 kg.ha⁻¹de fósforo, lo cual muestra la interacción positiva entre estos factores.

De acuerdo con la prueba de comparación de medias para el primer semestre (Anexo 43), el promedio de sobrevivencia de plantas fue mayor en la variedad Sikvani (80%), seguido por Clavito (68%) y por último con ICA V109 (57%), valores que difieren estadísticamente entre sí. En el segundo semestre, la tendencia es similar, el mayor valor lo obtuvo la variedad Sikvani (82%), seguido por la variedad Clavito con 71(%) y por último la variedad ICA V109 con 63 (%), valores que difieren estadísticamente (Anexo 44).

A nivel de fuentes orgánicas, se presentaron diferencias en esta variable en todos los materiales orgánicos, obteniéndose los mayores valores con el uso de gallinaza, seguido por caupi y finalmente sin la adición de material orgánico, en los dos semestres (Figura 42). Los valores promedios obtenidos de acuerdo con la prueba de comparación de medios (Anexos 45 y 46), permiten establecer que la gallinaza presentó una sobrevivencia de 74 y 76% en el primer y segundo semestre respectivamente, seguido por el caupi con 68 y 72% en los dos semestre y 65 y 68% sin la adición de materiales orgánicos.

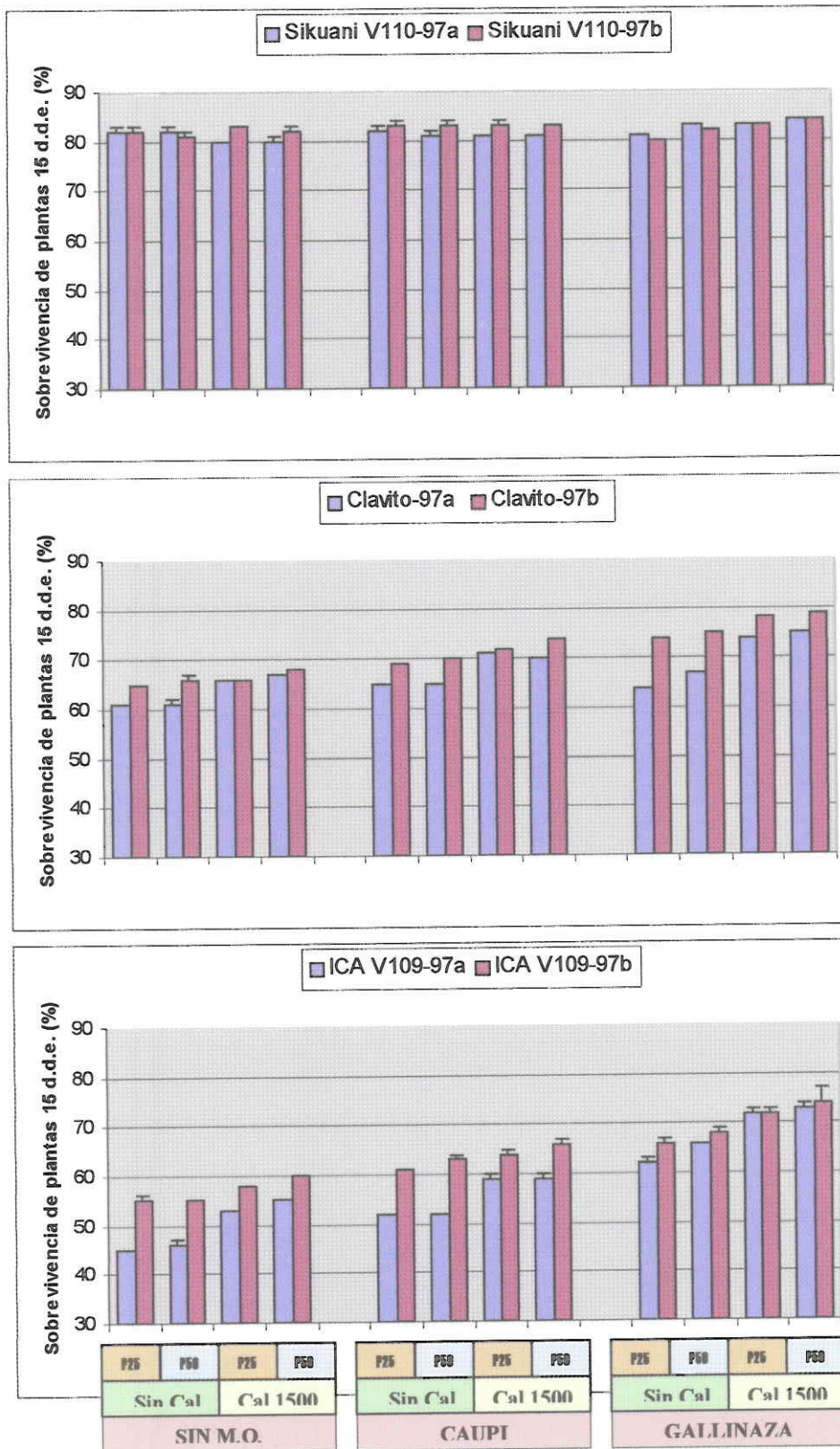


Figura 42. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la sobrevivencia de plantas a los 15 d.d.e (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

Con relación a las dosis de cal utilizadas, los mayores valores de sobrevivencia de plantas a los 15 d.d.e. (71 y 74%), en primero y segundo semestre se presentaron con la aplicación de 1500 kg.ha⁻¹ de cal; estos valores difieren estadísticamente de los obtenidos con el testigo sin cal (67 y 71%), en los mismos periodos de evaluación.

La aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de P, presentó los mayores valores de sobrevivencia de plantas en los dos semestres en todas las variedades, este efecto fue mayor con el uso de 1500 kg.ha⁻¹ de cal y la aplicación de materiales orgánicos principalmente gallinaza, tal como lo corroboran la prueba de significancia encontrada en el análisis de varianza (Anexo 42) y la prueba de contrastes ortogonales (Anexos 51 y 52). En términos generales, las dosis de 50 kg.ha⁻¹ de P presentaron los mayores valores promedio de esta variable (71 y 74%) en primer y segundo semestre, seguido por la aplicación de 25 kg.ha⁻¹ de P (67 y 71%) para los mismos semestres, valores que difieren estadísticamente entre sí.

Con relación a la variable sobrevivencia de plantas (%) a los 25 días después de emergencia (25 d.d.e), se puede observar que presentó una tendencia similar en los dos semestres (Anexos 42, 51 y 52). Se presentaron diferencias altamente significativas entre las variedades, fuentes orgánicas, dosis de cal y fósforo, así como entre las interacciones dobles, variedades con fuentes orgánicas, variedades con dosis de cal, fuentes orgánicas con dosis de cal y variedades con dosis de fósforo, en los dos semestres, así mismo, se presentaron diferencias altamente significativas entre las variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal solo en el primer semestre.

En términos generales, se observó mayor sobrevivencia de plantas con la adición de gallinaza y caupi así como con la aplicación de 1500 Kg.ha⁻¹ de cal y en menor proporción con la adición de 50 kg.ha⁻¹ de P.

La variedad Sikuaní presentó una variación entre 70 a 83% y 75 a 80% en primer y segundo semestre respectivamente. La variedad Clavito presentó variaciones entre 53 a 70% y 64 a 77% en los dos semestres, mientras la variedad ICA V109 fluctuó entre 41 y 72% y 53 a 74% para los dos semestres de evaluación. Los valores más bajos correspondieron a los tratamientos sin material orgánico, sin cal y con 25 Kg.ha⁻¹ de P (Figura 43).

El comportamiento promedio de variedades de acuerdo con la prueba de comparación de medias (Anexos 43 y 44), permite comprobar que los mayores valores de sobrevivencia de plantas estuvieron con la variedad Sikvani con 80 y 76% en el primer y segundo semestre respectivamente, seguido por la variedad Clavito con 60 y 70% y por último con ICA V109 con 55 y 62% resultados que difieren estadísticamente entre sí.

La mayor sobrevivencia de plantas a los 25 d.d.e. de acuerdo al promedio general de los materiales orgánicos, fue obtenido con la aplicación de gallinaza y caupi y la menor sobrevivencia con el testigo sin materia orgánica, este efecto fue más notorio en la variedad ICA V109 y Clavito en los dos semestres (Figura 43) y se corrobora con la significancia estadística obtenida para el análisis de varianza (Anexo 42) y prueba de contrastes ortogonales (Anexos, 51 y 52).

La variación promedio de esta variable se puede observar en los anexos 45 y 46, donde la gallinaza presentó los mayores resultados en el primer y segundo semestre (71 y 74%) seguido por el caupi con 64 y 69 (%) y por último con el tratamiento sin materia orgánica (60 y 65%).

Las dosis de cal también ejercen efectos significativos sobre esta variable. En términos generales, los mayores valores de sobrevivencia de plantas a los 25 d.d.e., se encuentran con las dosis de 1500 kg.ha^{-1} en todas las variedades y en los dos semestres, así mismo, se observa una interacción positiva y significativa con el uso de las fuentes orgánicas, tal como lo corrobora la prueba de contrastes ortogonales (Anexos 51 y 52).

En términos generales, el comportamiento de esta variable de acuerdo con las dosis de cal (Anexos 47 y 48), permiten observar que los tratamientos sin cal presentaron los valores más bajos, de sobrevivencia de plantas en este periodo, para ambos semestres (63 y 68%) respectivamente

Las dosis de fósforo utilizadas, presentaron efectos menos evidentes pero si significativos sobre esta variable. En la Figura 43, se puede observar que la dosis de 50 kg.ha^{-1} de P presentaron, en la mayoría de los casos, la mayor sobrevivencia de plantas. Así mismo, se observó un efecto positivo y significativo con la adición de 1500 kg.ha^{-1} de cal, con

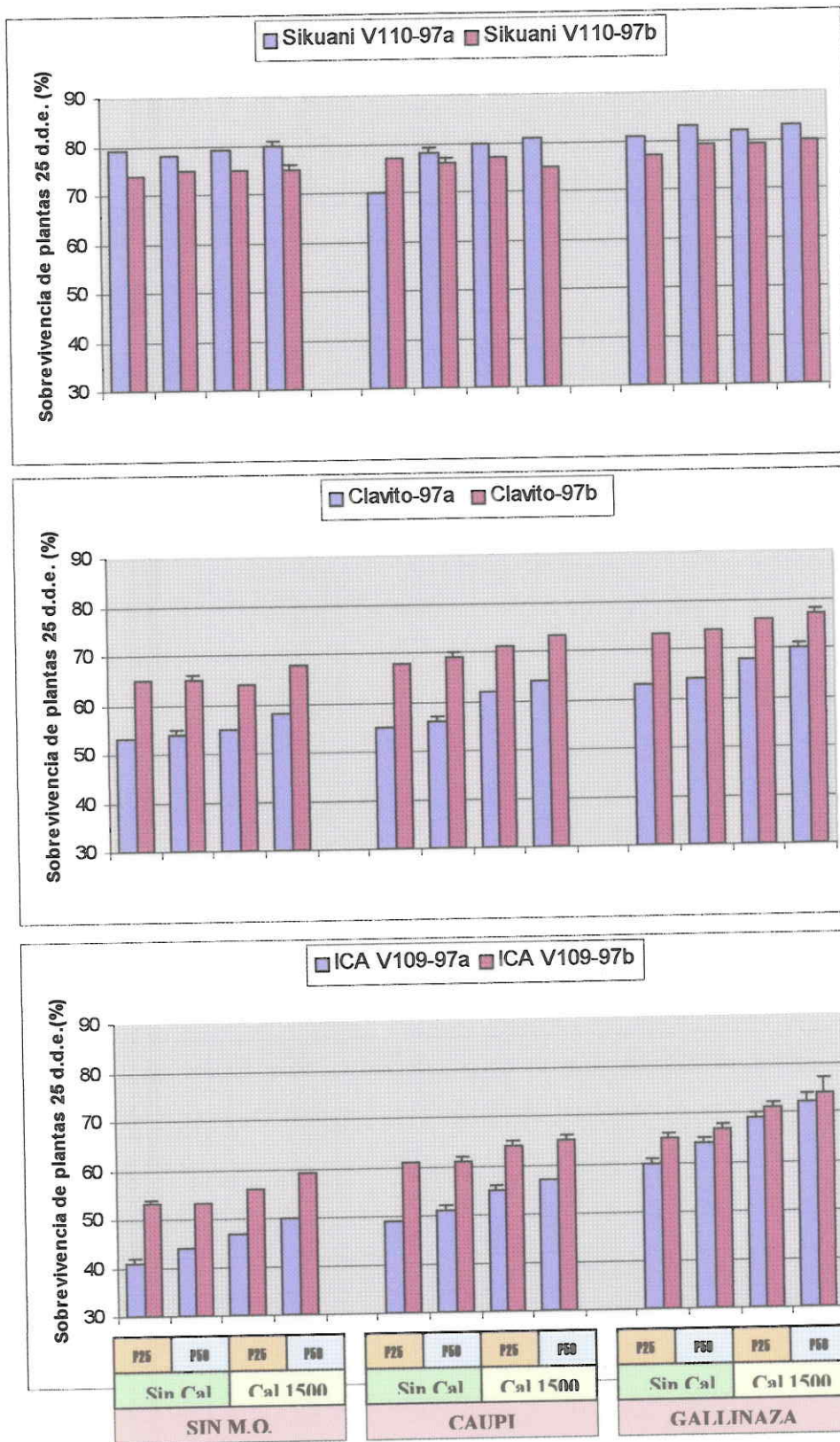


Figura 43. Efecto de materiales orgánicos, dosis de cal y fósforo sobre la sobrevivencia de plantas a los 25 d.d.e (%), en tres genotipos de maíz en un Oxisol de la Orinoquia Colombiana en 1997.

gallinaza y caupí, lo cual demuestra la interacción entre estos factores tal como se corrobora en los contrastes ortogonales y por el análisis de varianza (Anexos 42, 51 y 52).

El comportamiento promedio de esta variable para las dosis de fósforo utilizada se puede observar en los Anexos 49 y 50, donde la dosis de 50 (kg.ha⁻¹) de P, presentó los mayores valores de sobrevivencia de plantas en los dos semestres (67 y 70%), valores estadísticamente superiores a los obtenidos con la dosis de 25 Kg.ha⁻¹ de P (65 y 69%) en forma respectiva.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores sobre el efecto de los tratamientos en algunas variables agronómicas, se puede concluir que, en términos generales, se presentó una tendencia similar en los dos semestres de evaluación. Esto indica y corrobora que las variaciones presentadas, en estas, son debido principalmente a los efectos de los tratamientos en estudio.

Los resultados obtenidos, mostraron que el área foliar, el rendimiento de grano, la altura de planta, la biomasa de tallos y sobrevivencia de plantas a los 5, 15 y 25 d.d.e, son las variables más influenciadas por los tratamientos en los dos semestres de estudio. Todas las variables evaluadas presentaron diferencias por efecto de las variedades, fuentes orgánicas y dosis de cal y en menor proporción por las dosis de fósforo.

En la gran mayoría de los casos, las variables agronómicas incrementaron sus valores con el uso del caupí, la gallinaza y las dosis de 1500 kg.ha⁻¹ de cal dolomita. Este efecto es similar en todas las variedades pero su mayor efecto fue con la variedad ICA V 109.

En términos generales la variedad Clavito presentó una mayor altura de planta, mayor volumen de raíz, mayor producción de biomasa seca de tallo, hojas y raíz así como una mayor área foliar, pero es la que menor rendimiento de grano presentó entre las tres variedades utilizadas, esto demuestra su bajo potencial de rendimiento tal como ha sido encontrado en estudios realizados con este genotipo (ICA, 1986). Sin embargo, podría sugerirse este, como un material de forraje para este tipo de suelos.

La variedad ICA V109, a pesar de su susceptibilidad a la toxicidad del Al (Valencia, 1992), fue la que más respondió en todas las variables agronómicas a la aplicación de materiales

orgánicos, 1500 kg.ha^{-1} de cal y 50 kg.ha^{-1} de P. Lo anterior pone de manifiesto, que los suelos extremadamente ácidos son susceptibles de producir competitivamente si se les mejoran sus condiciones químicas que son las más limitantes para un proceso productivo integral en la región; con esto, se ampliaría, en forma considerable, la posibilidad de aumentar la frontera agrícola ya que la Orinoquia cuenta con cerca de tres millones de hectáreas con características de suelos, relativamente similares a las del sitio de estudio.

La variedad Sikuaní V 110, presentó valores intermedios, en sus variables agronómicas, a los obtenidos con Clavito e ICA V109, pero presentó un comportamiento más uniforme entre los tratamientos opuestos, es decir entre el testigo sin cal, sin materia orgánica y con 25 kg.ha^{-1} de P versus el tratamiento con 5.0 t.ha^{-1} de gallinaza, 1500 kg.ha^{-1} de cal y 50 kg.ha^{-1} de P. Es de anotar, que a pesar de su tolerancia a mayores concentraciones de Al en el suelo (León, et.al;. 1995; Narro et.al; 1999), presenta mayores rendimientos de grano cuando se mejora la fertilidad del suelo.

El uso de los materiales orgánicos (caupí y gallinaza), presentaron efectos altamente significativas en todas las variables agronómicas evaluadas, efecto que es mucho mayor con el uso de la gallinaza, debido posiblemente a la mayor adición de nutrientes y cal por parte de esta, tal como se puede apreciar en la Tabla 2. Es importante resaltar que los mayores efectos de la adición de materiales orgánicos se presentaron en la variedad ICA V109 seguida por la variedad Clavito y por último la variedad Sikuaní, especialmente en las variables altura planta, biomasa de tallos y raíz, área foliar, rendimiento de grano y sobrevivencia de plantas a los 15 y 25 días d.d.e., resultados similares han sido obtenidos por. Narváez, (1998).

De otra parte, el tratamiento donde se aplicó 5.0 t.ha^{-1} de gallinaza y no se hicieron adiciones de cal dolomita, se lograron incrementos de rendimiento de grano superiores a 300 kg.ha^{-1} en las tres variedades y en los dos semestres, con relación al testigo sin materia orgánica pero con aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal.

Esto indica que con la aplicación de 5.0 t.ha^{-1} de gallinaza se obtienen rendimientos de grano ligeramente superiores a los obtenidos con la aplicación de cal lo cual puede deberse a la disminución del efecto tóxico del aluminio y al incremento de nutrientes en el suelo por parte de la gallinaza.

Estos resultados, demuestran que los Oxisoles de terrazas altas, y posiblemente de la altillanura plana de la Orinoquia Colombiana, son potencialmente productivos, inclusive con especies susceptibles a las altas concentraciones de aluminio, siempre y cuando se realicen prácticas adecuadas para mejorar su fertilidad y disminuir los niveles tóxicos de aluminio. Resultados similares han sido obtenidos por Narváez (1998) y Rodríguez (1998).

Los valores más bajos obtenidos en las variables agronómicas observadas en los tratamientos testigo, se deben en gran parte al efecto tóxico del Aluminio el cual es de 72% de acuerdo con el análisis de suelo inicial, (Tabla 1), estos efectos son menos evidentes en la variedad Sikuaní V110, tolerante al Al. Sobre este aspecto, Wallace y Anderson (1984), Cambria et.al; (1983) y Blamey et.al; (1990), proponen que la toxicidad del aluminio depende especialmente de la capacidad del genotipo para tolerar Al y del medio en el cual se desarrolla la planta. En este caso se ha podido comprobar una mayor tolerancia al aluminio de la variedad Sikuaní V110 tal como lo han reportado investigadores como Valencia (1992), Narro et.al; (1999), Torres (1994), pero que también responde cuando se mejora la fertilidad del suelo.

Autores como Tan y Binger (1986), Ahmad y Tan (1986), Baligar et.al; (1987), Foy et.al; (1987), han encontrado que la reducción en el crecimiento de la parte aérea, está relacionada directamente con el incremento del aluminio en el medio de cultivo. Lo anterior puede ser corroborado en este trabajo ya que los valores más bajos de cada variable agronómica evaluada, se encuentran en los tratamientos sin caupí, sin gallinaza y sin cal donde los contenidos de aluminio intercambiable son mayores.

Baligar et.al; (1987) y Pathirana et.al; (1996), sugieren que los cultivos eficientes en la toma y metabolismo de nutrientes bajo estrés de aluminio, pueden tener ventajas en el crecimiento en suelos ácidos pobres en nutrientes. De otra parte, estos mismos autores sostienen que los valores de peso seco de raíz y parte aérea y la cantidad total de nutrientes en la planta completa, sirven como indicadores para evaluar la sensibilidad de los genotipos al aluminio.

Esta situación fue demostrada en el presente estudio ya que las menores producciones de biomasa seca de raíces, tallos y hojas así como la menor absorción de la mayor parte

de nutrientes esenciales se encontraron en los tratamientos testigo y en las variedades más susceptibles a Al como la ICA V 109.

La aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal dolomita, presentó en todos las variables agronómicas y fisiológicas efectos positivos y significativos, lo cual tiene que ver con el poder de neutralización de la acidez cambiante y del Al intercambiable en este tipo de suelos Garavito (1979), Espinosa (1994). Los mayores valores de las variables agronómicas con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal, concuerdan con las necesidades de gran parte de las variedades de maíz en este tipo de suelo (Torres, 1994).

La aplicación de 50 kg.ha^{-1} de P, presentó efectos positivos y significativos sobre la variables volumen de raíz, biomasa de tallo y hojas, área foliar, rendimiento de grano y sobrevivencia de plantas a los 15 y 25 d.d.e.; efecto que es más evidente en la variedad ICA V 109; sin embargo, los efectos no son tan notorios como con los encontrados con la aplicación de cal y materia orgánica al suelo. Sobre este aspecto, Blamey et.al; (1993), encontraron que la adición de fosfatos, reduce la toxicidad de aluminio en solución por reacciones químicas con este, situación esta que pudo presentarse en el presente estudio.

La sobrevivencia de plantas a los 5, 15 y 25 d.d.e., muestra que la variedad Sikuaní V110 es la que menor variación presentó por efecto de los tratamientos en las tres épocas de muestreo, mientras la variedad ICA V109 fue la más afectada, esto corrobora la tolerancia diferencial de estos materiales (Valencia, 1992). Sin embargo, es de anotar que la variedad Sikuaní, a pesar de su carácter de mayor tolerancia al Al, respondió también a los mejores tratamientos.

Los resultados en las figuras 41, 42 y 43, permiten observar que la mayor disminución en la sobrevivencia de plantas se presentó a los 15 y 25 d.d.e. cuando la raíz entra en contacto con el suelo, este efecto es más notorio en la variedad ICA V109 donde la sobrevivencia de plantas se reduce en cerca de 35% con relación a la variedad Sikuaní en los mismos tratamientos.

La adición de materiales orgánicos, especialmente gallinaza, presentó incrementos significativos en la sobrevivencia de plantas, especialmente en combinación con la dosis

de 1500 kg.ha⁻¹ de cal y 50 kg.ha⁻¹ de P; esto muestra un efecto complementario entre estos tratamientos, los cuales redujeron la toxicidad de aluminio y mejoraron la fertilidad del suelo. La disminución de la sobrevivencia de plantas a los 15 y 25 d.d.e., esta relacionada con la fitotoxicidad del aluminio el cual inhibe inicialmente el desarrollo radicular;. sobre este aspecto, Wallace y Anderson (1984), detectaron que a las dos horas de exposición de las raíces al aluminio, se presenta una inhibición en la síntesis de DNA y una inhibición en el desarrollo radicular. Esto se puede corroborar al observar la Figura 38, donde los menores valores encontrados para el peso de la raíz se obtienen con los tratamientos sin material orgánico, sin cal y con la dosis baja de P, efecto que es más notorio en la variedad susceptible ICA V109. Adicionalmente Cambria et.al; (1983) y Baligar et.al; (1987), señalan, además, que la toxicidad de aluminio produce un engrosamiento anormal y una pigmentación de color café y cese de las formas mitóticas en la región meristemática de la raíz. Por su parte Wallace y Anderson (1984), señalan, que los primeros efectos del aluminio causan daño de la epidermis en el extremo de la raíz. Cambria et.al; (1983) y Blamey e.t.al; (1993), detectaron una reducción de la respiración en la raíz, reducción en la síntesis de polisacáridos en la pared celular y acumulación de aminoácidos libres en la raíz como resultado de un efecto no específico del aluminio en el metabolismo del nitrógeno, principalmente en el metabolismo de proteínas

Con los resultados obtenidos, queda de manifiesto el efecto positivo y complementario que tienen los materiales orgánicos, principalmente la gallinaza, y la aplicación de cal dolomita sobre las variables agronómicas y fisiológicas del maíz donde la variedad ICA V 109 fue la que se favoreció por estos efectos.

Algunos autores como Blamey et.al; (1990), señalan que las plantas tolerantes pueden ser capaces de reducir la absorción de aluminio por la raíz o tener medios para detoxificar el aluminio luego de haberlo absorbido. Bartlett, (1972) y Foy y Lee, (1987), sugieren un incremento del pH y excreción de ligandos orgánicos a la rizosfera. Cambria et.al; (1983), encontraron que la concentración de ácidos orgánicos principalmente transaconítico y málico, aumentan en forma significativamente mayor en las raíces de plantas tolerantes tratadas con aluminio en comparación con las no tolerantes. Este comportamiento, sugiere un mecanismo de detoxificación por quelación, relacionado con valores altos de estabilidad de los complejos de aluminio con estos ácidos (Sutheimer et.al; 1995).

Sobre este aspecto, Investigaciones realizadas por Kidd et al.; (2001), determinaron que en la variedad Sikuni V 110, expuesta a concentraciones de Al de 0, 20 y 50 μM de Al, la recuperación de raíces, fue menor con 20 μM que con 50 μM , lo cual indica que es necesaria la presencia de cierta cantidad de Al para inducir algunos mecanismos de resistencia de esta variedad. Así mismo la producción de flavonoides tipo fenólicos, se incrementaron con la adición de 50 μM de Al; entre estos se destacan el catequin, el quercetin y el catecol, los cuales presentaron valores 40 veces más altos que el testigo sin Al. De acuerdo con estos autores, la tolerancia de la variedad Sikuni, esta relacionada con alguna especie de detoxificación apoplástica más que a alguna expresión fenotípica de resistencia de esta.

Por otra parte los trabajos realizados por Kamh et al.; (2001), permitieron concluir que la producción de citrato y malato en raíces de la variedad Sikuni V 110, es superior a la variedad ICA V 109, en condiciones de alto aluminio en solución. Solo se encontraron mayores cantidades de citrato y malato en la variedad ICA V110 cuando las raíces, de esta, estuvieron sometidas a deficiencia de P.

7.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se pudo detectar un efecto complementario entre la cal y los materiales orgánicos que influyen positivamente sobre las variables agronómicas del cultivo del maíz, sobre el incremento en el suelo de los nutrimentos esenciales y sobre la mayor absorción foliar de estos por parte de los diferentes cultivares de maíz. Este efecto fue más evidente en la variedad susceptible.

Los efectos tóxicos del aluminio en la planta de maíz, comienzan a manifestarse en el estado de plántula, entre los 5 y 15 d.d.e., cuando la raíz entra en contacto con el suelo. Esto sugiere, un bajo efecto del Al en la semilla de maíz y un mayor efecto, de este, en los tejidos jóvenes de las plántulas formadas.

Los resultados encontrados muestran que con la aplicación de 5.0 t.ha^{-1} de gallinaza se logran rendimientos ligeramente superiores, en todas las variedades, a los obtenidos con la aplicación de 1500 kg.ha^{-1} de cal dolomita lo cual confirma el efecto de correctivo y fertilizante que puede tener la materia orgánica al disminuir la actividad del aluminio en el suelo.

El área foliar, la altura de planta, la biomasa aérea y de raíz y el rendimiento de grano, son indicadores confiables para evaluar la sensibilidad de los genotipos de maíz a la toxicidad de aluminio.

Las mayores producciones de biomasa de raíz, tallo y hojas de la variedad Clavito, permiten sugerir que este material sea tenido en cuenta, en los planes de mejoramiento genético, para la generación de especies forrajeras apropiadas para los suelos de esta región del país.

La variedad Sikuni V 110, tolerante al Al, presentó mayores concentraciones foliares de P, Mn, N y principalmente de Fe y Al con los cuales se obtuvieron valores entre 5 y 10 veces más a los obtenidos con las variedades menos tolerantes. Lo anterior indica que posiblemente las variedades tolerantes a la toxicidad de Al, presentan algunos mecanismos de defensa contra este elemento, los cuales requieren de estudios más profundos para poder utilizarlos en la generación de nuevos genotipos para estos suelos.

Las variedades de maíz que son más eficiente en la toma y metabolismo de nutrientes bajo estrés de aluminio como la Sikuni V 110, tienen mayor ventaja para su crecimiento, desarrollo y producción en suelos ácidos y pobres en nutrimentos como las encontradas en los suelos del presente estudio.

Los beneficios de la materia orgánica en el suelo se pueden probar en el presente trabajo donde, esta, no solo actúa como aportante de nutrimentos sino también como correctivo en la disminución de la actividad del aluminio. Esto conlleva, a que una de las prácticas importantes para el manejo de cualquier sistema de producción en los suelos extremadamente ácidos de la Orinoquia Colombiana debe contemplar la preservación e incremento de la materia orgánica.

Se requiere realizar estudios de campo, utilizando varias dosis de gallinaza y cal, para determinar tanto su efecto residual, como el punto de equilibrio económico para su utilización en los sistemas de producción propuestos para los suelos extremadamente ácidos de la Orinoquia Colombiana.

Es necesario establecer estudios que permitan encontrar nuevas y mejores fuentes de materia orgánica para los sistemas de producción de esta región, tales como rotación con especies de alta producción de biomasa y el uso de materiales con mayores relaciones C/N.

Los resultados obtenidos, demuestran que los Oxisoles de terrazas altas de la altillanura Colombiana, son potencialmente productivos, inclusive con especies susceptibles a las altas concentraciones de aluminio, siempre y cuando se realicen prácticas adecuadas para mejorar su fertilidad y disminuir los niveles tóxicos de aluminio en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, F.; LUND, Z. F. 1966. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid sub soils. *Soil Science*. 101:193-198.

AHMAD, F.; TAN, K. H. 1986. Effect of lime and organic matter on soybean seedlings grown in aluminum toxic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 656-661.

ALTER, D.; MITCHEL, A. 1992. Use of vermicompost extract as an aluminum inhibitor in aqueous solutions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23: 231-240.

ALVA, A. K.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C. J.; BLAMEY, F. P. 1986. An evaluation of aluminum indices to predict aluminum toxicity to plants grown in nutrient solutions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 176: 1271-1280.

ALI ZADE, V.M.; SIRVAN, T. S.; SCHMOHL, N.; ALIR ZAYEVA, E. G.; ANNAGIYEVA, M. A., FECHT, M.; HORST, W.J. 2001. Changes in protein content and protease activity in roots of *Zea mays* (L) in response to short-term aluminum treatment. En: *Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems*. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands. p. 518-519.

BALIGAR, V.C.; WRINGT, R. J.; KINRAIDE, T. B.; FOY, C.D.; ELGIN, J.H. Jr. 1987. Aluminum effects on growth, mineral uptake, and efficiency ratios in red clover cultivars. *Agronomy Journal*. 79: 1038-1044.

BAQUERO, J.E.; APOLINAR, M.P. 1986. Comportamiento de rocas fosfóricas nacionales parcialmente aciduladas en el cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench), en un Inceptisol del Piedemonte Llanero. Tesis pregrado UNILLANOS. 160p.

BARTLETT, R. J.; RIEGO, D. C. 1972. Toxicity of hidroxy aluminum in relation to pH and phosphorus. *Soil Sci*, 114: 194-200.

BENTON, J., WOLF, B.; MILLS, a. 1991. *Plant analysis Handbook. A practical Sampling, Preparation, analysis and Interpretation guide.* Micro-Macro Publishin, INC. 213 p.

BESSHO, T.; BELL, C. 1995. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. *Plant and soil*. 140: 183-196.

BLAMEY, F., WHEELER, D., EDWARDS, D.,Y CHRISTIE, R. 1990. Independence of differential aluminum tolerance in Lotus on changes in rhizosphere pH or excretion of organic ligands. *Journal of Plant Nutrition*. 13 (6):713-728.

_____, EDWARDS, D., ASHER. Y. 1993. Effects of aluminum, OH: Al and P: Al molar ratios, and ionic strength on soybean root elongation in solution culture. *Soil. Sci*. 136: 197-207.

BLOOM, P. R.; McBride, M. B.; WEAVER, R.M. 1979. Aluminum organic matter in acid soils: Buffering and solution aluminum activity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 488-493.

BRIGHAM, L. A.; HAWES, M. C.; MIYASAKA, S.C. 2001. Avoidance of aluminium toxicity: Role of root border cells. En: *Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems.* W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 452-453.

CAMBRIA, J.; GALVANI, F. R.; ESTEVAO, M. M. 1983. Effects of aluminum on organic acid, sugar and amino acid composition of the root system of sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*). *Journal of Plant Nutrition*. 6, 313-322.

CHEN, Y.; AVIAD, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. En: *Humic substances in soil and crop sciences: selected readings*, American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc: Madison- USA. 161-186.

CLARK, R.B. 1977. Effect of aluminum on growth and mineral elements of Al tolerant and Al-intolerant Corn. *Plant and Soil*. 47 (3): 653-662.

COCHRANE, T.T.; SALINAS, J.G.; SANCHEZ, P.A. 1980. An equation form liming acid mineral soils to compensate crop aluminum tolerance trop agric. 57 (2): 133-140.

COLLET, L.; HORTS, W. J. 2001. Effects of heterogeneous Al and supply on root growth and screening of maize cultivars differing in Al resistance. En: *Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems*. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 520-521.

DELGADO, H. H.; ALARCON, H. F., 1997. Efecto de la incorporación de caupi (*Vigna unguiculata* L.), como abono verde sobre la eficiencia del arroz en el uso de fósforo en un Oxisol de la Altillanura plana Colombiana. *Suelos Ecuatoriales*, 27: 86-90.

ESPINOSA, J. 1994. Relación entre la fertilización mineral, la materia orgánica y los microorganismos del suelo. En: *Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo "El componente bioorgánico del suelo"*, Bucaramanga, p 60-67.

ESTRADA, G.; DIAZ, A. L.; FIGUEIREDO, A. F. 1995. Efecto de la adición de hojas de soya sobre algunas características químicas de un Oxisol. *Suelos Ecuatoriales*. 25: 57-60. Bogotá Colombia.

FOY, C. D.; LEE, E. H.; 1987. Differential aluminum tolerances of two barley cultivars related to organic acids in their roots; *Journal of Plant Nutrition*; 10: 1089-1101.

_____, GERLOFF, G. G., GABLEMAN, W. H. 1973. Differential effects of aluminum on the vegetative growth of tomato cultivars in acid soil and nutrient solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 425-432.

_____; SMITH, D. H. Jr.; BRIGGLE, 1987. Tolerances of oat cultivars to an acid soil high in exchangeable aluminum. *Journal of Plant Nutrition*. 10: 1163-1174.

_____, BROWN, J. C. 1964. Toxic factors in acid soils en : Differential aluminum tolerance of plant species. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 28: 27-32.

GARAVITO, F. 1979. Propiedades Químicas de los Suelos. Ed. Los Andes 2ª edición. 321 p. Bogotá, Colombia.

GEKELER, W. ; GRILL, E. ; WINNACKER, E.; ZENK, M.H. 1989. Survey of plant Kingdom for the ability to bind heavy metals through phytochelatins. Zeitschrift für Naturforschung. 44:361-369.

GOMEZ, T. J. 1997. Efecto de la aplicación de vinaza en la productividad de caña de azúcar. Suelos Ecuatoriales. 27: 80-85.

GONZALES, P. E.; VILLAFRANCA, M. S.; FERNANDEZ, P. M.; SOCIAS, V. M. 1995. Sorption of diuron, atrazine, MCPA and paraquat on bentonite, humic acid and peat. Fresenius Envir. Buil. 5: 178-184.

HARADA, Y.; INOKO, A. 1980. The measurement of the cation-exchange capacity of compost for the estimation of the degree of maturity. Soil Sci. Plant Nutr. 26: 127-134.

HARGROVE, W. L.; THOMAS G. W, 1981. Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth in acid soils; En: Chemistry in the soil environment; American society of Agronomy and Soil Science of America, Wisconsin USA. p. 151-165 .

_____; THOMAS, G. W. 1984. Extraction of aluminum from aluminum organic matter in relation to tritable acidity. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1458-1460.

HOYT, P .B.; TURNER, R.C. 1975. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, Aluminum, Exchangeable NH_4^+ and crop yields. Soil Sci. 119: 227-237.

HORTS, W., J.; WAGNER, A.; MARSCHNER, H. 1982. Mucilage protects root meristems from aluminum injury. Zpflanzenphysiol 109: 95-103.

HUE, N. V.; AMIEN, I. 1989. Aluminum detoxification with green manures. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 20: 2499-1511.

ICA. Instituto Colombiano Agropecuario. 1986. Informe anual programa de cereales. Subgerencia de Investigación. Documento interno. 36 p

ICA. Instituto Colombiano Agropecuario 1993. Manual de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego. P. M. Ediciones 236 pag. Santafé de Bogotá, Colombia.

IGAC. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" 2000. Estudio general de suelos de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Meta. Subdirección de Agrología 538 p.

ISHIKAWA, S.; WAGATSUMA, T.; TAWARAKA, K. 2001. Effects of temporally contact with Al ions on the plasma-membrane permeability of root-tip cell in seven plants species. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 510-511.

JARDINE, P. M.; ZELAZNY, L. W.; PARKER, J. C. 1985. Mechanisms of aluminum adsorption on clay minerals and peat. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 862-867.

JEANDROY, E.; GUILLE, T. B. 1981. The occurrence of suspended ferruginous particles in pyrophosphate extracts of some soil horizons; El servier Scientific Publishing Company. P 95-105.

KAMH, M.; ROPPEL, P.; HORST, W. J. 2001. Exudation of organic acid anions by different maize cultivars as affected by phosphorus deficiency as aluminum toxicity. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 490-491

KIDD, P. S.; POSCHENRIEDER, C.; BARCELO, J. 2001. Does root exudation of phenolics play a role in aluminum resistance in maize (*Zea mays* L.)?. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 504-505.

KOCHIAN, L.V. 2001. Aluminum and heavy metal toxicity and resistance-lessons to be learnt from similarities and differences. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 442-443.

KOLLMEIER, M.; HUBERT, H.; HORST, W. J. 2000. Genotypical differences in Aluminum resistance of Maize Are Expressed in the Distal Part of Transition Zone Is Reduced Basipetal Auxin Flow involved in Inhibition of root Elongation by Aluminum?. Plant Physiology. 122: 945-956.

_____, HORST, W.J. 2001. Aluminum-induced exudation of citrate from the root tip of *Zea mays* (L): differential impacts of Al on citrate metabolism involved in genotypical differences?. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 492-493.

LEON, L .A.; PANDEY, S.; CEBALLOS, H. 1995. Niveles críticos de saturación de aluminio y fósforo aprovechable para variedades tolerantes a suelos ácidos desarrollados por CIMMYT. Suelos Ecuatoriales 25: 40-42.

LORA, R. 1970. Análisis Foliar, Técnica de Muestreo y preparación del material para su análisis químico. Documento de Trabajo. ICA. Santa fe de Bogotá. 55 p

LOVELAND, P.J.; DIGBY, P. 1984. The extraction of Fe and Al by 0.1 M pyrophosphate solutions: a comparison of some techniques; Journal of Soils Science. 35: 243, 250.

MA, J. F.; ZHANG, W.; ZHAO, Z. 2001 Regulator y mechanism of Al-induced secretion of organic acids anions-involvement of ABA in the Al-induced secretion of oxalate in buckwheat En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J .Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 486-487.

MALAVOLTA, E. 1990. Balance del azufre en la agricultura Colombiana. Suelos Ecuatoriales. 20 (1):59-62.Bogotá Colombia.

MARIANO, E.D.; KELTJENS, W.G. 2001. Exudation of organic acid anions from root apices as an aluminum resistance mechanism in maize. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 494-495.

MARTINEZ, R.; MARTINEZ, N. 1997. Diseño de Experimentos. Análisis de datos estándar y no estándar. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional De Colombia. 440 p. Santa fe de Bogotá.

MASAHIKO, S.; TORU, M.; TOKURO, A. 1995. Phytotoxicity of monomer aluminum ions and hidroxy-aluminum polymer ions in an Andosol. Dev. Plant Soil Sci, 64: 367-370

MCKEAGUE, J .A.; DAY, J .H. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils; Can J. Soil Sci. 47:95-99.

MEJIA, L. 1996. Génesis y características de los Oxisoles y suelos óxicos de los Llanos Orientales de Colombia y su relación con la fertilidad. Suelos Ecuatoriales. 26 (1): 7-34. Villavicencio Colombia.

MITCHELL, A.; ALTER, D. 1993. Suppression of labile aluminum in acidic soils by the use of vermicompost extract: Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 1171-1181.

NARRO, L.; PANDEY, S.; LEON, L. A.; PEREZ, C.; SALAZAR, F. 1999,. Investigación en variedades de maíz para suelos ácidos. En: Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina (Ed.) E.P. Guimaraes, J. I. SANZ, I. M., M. AMÉZQUITA Y E. AMEZQUITA . CIAT-EMBRAPA. Publicación CIAT No. 313 p. Cali. Colombia.

NARVAEZ, C. 1998. Retención de aluminio por materiales orgánicos y efectos sobre un suelo ácido y sobre un cultivo de maíz (*Zea Mays*). Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia. Santa fe de Bogotá.

NAVAS, R. G.; CHACON, A., 1997. Recuperación de suelos mediante la incorporación de abonos verdes en sistemas agrícolas. Suelos Ecuatoriales. 27: 75-79.

- NAUMAN, A.; KUNZ.; LEHMANN, H.; STELZER, R.; HORST, W. J. 2001. Effect of aluminium on root morphology of *Hydrangea macrophylla*. En Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 516-517.
- NOBLE, A. D.; RANDALL, P. J.; JAMES, T. R. 1995. Evaluation of two coal-driven organic products in ameliorating surface and subsurface soil acidity. European Journal of Soil Science. 46: 65-75.
- NUÑEZ, E. R. 1985. Efectos de la acidez del suelo sobre la producción de cultivos y su corrección mediante el encalado. Serie cuadernos de edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- OCAMPO, W., OROZCO, L. 1992. Yeso y cal como enmiendas en un suelo con alto contenido de aluminio intercambiable. Tesis pregrado. U.N. de Medellin. Colombia. 63 p
- OFEI-MANU, P.; WAGATSUMA, T.; ISHIKAWA, S. 2001. The significance of phenolic compounds in roots of different age on Al resistance of some common woody plants . En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands. p. 512-513.
- OROZCO, P. F.; COMEZ, F.E. 1994. Recuperación biológica de suelos. En: Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo "El componente bioorgánico del Suelo", Bucaramanga, p 48-59.
- OSAWA, H.; MATSUMOTO, H. 2001. Differential regulation of Al-induced release of malate and K⁺ in the root apex of wheat. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 488-489.
- PARKER, D. R.; KINRAIDE, T. B.; ZELAZNY, L.W. 1988. Aluminum speciation and phytotoxicity in dilute hydroxy-aluminum solutions. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 438-444.

PATHIRANA, R.; CHANDRASIRI, P. A.; SIRINENA, S. G. 1996. Response of rice cultivars to increased iron and aluminum concentrations. *Dev. Plant Soil Sci.* 64: 413-417.

PAVAN, M. 1986. Comportamiento do gesso no solos acidos das regioes tropicais e subtropicais. *Informacoes Agronómicas.* (35): 1-2. Sao paulo.

PEARSON, R. W.; ADAMS, F. 1967. Soil acidity and liming, *Am. Soc. of Agron. Madison-Wisconsin*, p 273-349.

PLA, S. J. 1994. La materia orgánica y la degradación y erosión de suelos en el trópico. En: *Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo "El componente bioorgánico del suelo"*. Bucaramanga, p.38-47.

RAUSSER, W. E. 1990. Phytochelatins. *Annual Review of Biochemistry* 59: 61-86.

RODELLA, A. A.; Da SILVA, L. C.; FILHO, J. O. 1990. Effects of filter cake application on sugarcane yields. *Turrialba*, 40: 323-326.

RODRÍGUEZ, H. L. F.; LOZANO, Y.; ROJAS, L. A. 1998. Evaluación de la dinámica del aluminio por efecto de la adición de materiales orgánicos en un Oxisol de los Llanos Orientales. Trabajo de Grado, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia: Santa fe de Bogotá D.C.

SALAMANCA, C. R.; SILVA, M. R.; NAVAS, G.; VALENCIA, R. 1998. Dinámica poblacional de los microorganismos rizosféricos en diferentes sistemas de producción de la Orinoquia Colombiana. En: *Memoria Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Editores: Romero C. G.; Aristizabal Q., D. y Jaramillo S., C.A. Edit. Guadalupe. Villavicencio, Meta. P 421-444.

SANCHEZ, F. M., BOCANEGRA, A. J. 1993. Efecto del aluminio activo sobre el crecimiento de genotipos de soya (*Glicine Max L. Merril*). Tesis de pregrado.. Unillanos. Villavicencio Colombia. 130 p

- SANCHEZ, L. F.; LOPEZ, N. A. 1983. Efecto de la rotación e incorporación de caupi (*Vigna unguiculata*) sobre la producción de arroz de riego en los Llanos Orientales. Revista ICA No. 18 (3): 159-166.
- SHOTTELNDREIER, M. 2001. Organic acid-anions exudation and aluminum: The role of plants species, pH biodegradation an time. En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 498-499.
- SIVAGURU, M.; HORST, W. J. 1998. The distal part of the transition zone is the most aluminum-sensitive apical root zone of *Zea mays* L. Plant Physiology. 116: 155-163.
- STEFFENS, J. C. 1990. The heavy metals-binding peptides of plant. Annual Review of plant Physiology and plant molecular Biology 41: 553-575.
- STEVENSON, F. J. 1982. Humus Chemistry: Genesis, composition, and Reactions, Wiley Interscience: New York.
- SUAREZ, V. S. 1994. La materia orgánica en la productividad y sostenibilidad de la zona cafetera. En: Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo "El componente bioorgánico del Suelo". Bucaramanga. p. 16-21.
- SUTHEIMER, S. H.; CABANISS, S. E. 1995. Aqueous Al (III) speciation by high-performance cation exchange chromatography with fluorescence detection of the aluminum-lumogallion complex. Anal. Chem 67: 2342-2349.
- TAMAYO, V. A.; MUÑOZ, A. R.; DIAZ, A. C., 1997. Abonamiento orgánico del maíz (*Zea mays* L.) en suelos aluviales de clima medio. Suelos Ecuatoriales. 27: 91-95.
- TAN, K. H.; BINGER, A. 1986. Effect of humic acid on aluminum toxicity in com plants. Soil Science. 141: 20-25.
- TAYLOR, G. J. 1987. Exclusion of metals from the Symplasm: A possible mechanism of metal tolerance in higher plants. Journal of plant Nutricion 10: 1213-1222.

TORRES, L. G., NAVAS, A., PANDEY, S. LEON, A, 1994. Sikuaní V-110, Primera variedad de maíz en Colombia tolerante a suelos ácidos. Publicación, CORPOICA-ICA-CIMMYT. Plegable de divulgación N° 274

URRUTIA, M. M.; GARCIA, E. GAYOSO, R., MACIAS, V.F. 1990. Aplicación de soluciones no tamponadas para la extracción de aluminio "activo" ligado a la materia orgánica en turbas naturales y aluminizadas. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 1525-1540.

VALENCIA, 1994. Formas iónicas de aluminio y su efecto sobre el crecimiento radicular de la soya (*Glycine max* L. Merrill.) *Revista Achagua*. 1(1):13-18.

_____, LEAL, D. 1996. alternativas genéticas para sistemas de producción en sabanas ácidas de la Orinoquia Colombiana. *Suelos Ecuatoriales*. 26 (1): 35-44.

_____. 1992. Efectos del aluminio sobre el crecimiento de genotipos de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes y susceptibles. *Revista ICA*. 27 (3): 255-268.

WALLACE, S. U.; ANDERSON, I. C. 1984. Aluminum toxicity and DNA synthesis in wheat roots. *Agronomy Journal*, 76: 5-8.

WAGATSUMA, S.; ISHIKAWA; AKIMOTO, T.; TAWARAKA, K.; OFEI-MANU, P. 2001 Mechanisms of higher tolerance of Al stress in Phosphorus deficient maize seedlings: the significance of phenolics in Al resistance. En: *Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems*. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 454-455.

WISSEMEIER, H. H.; HORST, W. J. 1995. Effect of calcium supply on aluminum-induced callose formation, its distribution and persistence in roots of Soybean (*Glycine max* (L). Merrill). *J Plant Physiol* 145: 470-476.

WHITTEN, M. G.; RITHIE, G. S. 1991. Soil tests for aluminum toxicity in the presence of organic matter: laboratory development and assessment. *Commun in Soil Sci. Plant Anal*. 22: 343-368.

WONG, M. T.; SWIFT, R. 1996. Amelioration of aluminum phytotoxicity with organic matter. *Dev. Plant Soil Sci.* 64: 41-45

WOOLHOUSE, H. W. 1983. Toxicity and tolerance in the responses of plants to metals. P 245-300. *in* O.L. LANGE, P.S. NOBEL, C.B. OSMOND, AND H. ZIEGLER (eds), *Encyclopedia of plant Physiology, New Series, Vol 126, Physiological plant Ecology III, Responses to the Chemical and Biological Environment*, Springer- Verlag, Berlin.

YIANG, Z.; NIAN, H.; SIVAGURU, M.; MATSUMOTO, H. 2001. Characteristics of citrate secretion under aluminum stress in soybean (*Glycine max* (L)). *En: Plant Nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems*. W. J. Horst et al.; (Eds). Printed in the Netherlands . p. 500-501.

ANEXOS

Anexo 1. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN EL SUELO CON LA SIEMBRA DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997A

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|---|--------|--------|-------|---------------------|---------------------------|
| Aluminio unido a M.O (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 106.0 | 234.0 | 168.8 | 27.6 | 13.8 |
| Fósforo (mg.kg ⁻¹) | 2.0 | 58.0 | 13.0 | 8.7 | 42.7 |
| pH | 4.7 | 5.3 | 4.9 | 0.15 | 1.7 |
| Materia Orgánica (%) | 1.4 | 2.3 | 1.75 | 0.16 | 8.9 |
| Acidez cambiante (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.10 | 3.0 | 1.63 | 0.55 | 2.01 |
| Aluminio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.10 | 1.75 | 1.02 | 0.35 | 19.4 |
| Saturación de aluminio | 3.20 | 66.20 | 40.29 | 15.3 | 22.4 |
| C.I.C.E. (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 2.05 | 4.37 | 2.72 | 0.43 | 12.3 |
| Calcio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.44 | 2.90 | 0.94 | 0.43 | 31.2 |
| Magnesio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.12 | 0.80 | 0.35 | 0.15 | 26.5 |
| Potasio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.01 | 0.38 | 0.15 | 0.07 | 28.8 |
| Sodio (mg.kg ⁻¹) | 0.10 | 0.30 | 0.17 | 0.03 | 17.7 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 67.0 | 280.0 | 118.2 | 33.3 | 24.5 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.4 | 2.0 | 0.94 | 0.35 | 23.7 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 0.9 | 4.6 | 2.03 | 0.69 | 25.2 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.3 | 2.6 | 0.91 | 0.43 | 33.4 |

Anexo 2. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN EL SUELO CON LA SIEMBRA DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997B

| Variabes | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|--|---------------|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|
| Aluminio unido a M.O (cmol ⁺ kg ⁻¹) | 108 | 238 | 159.20 | 26.75 | 14.1 |
| Fósforo (mg.kg ⁻¹) | 6.0 | 54 | 21.20 | 11.41 | 27.9 |
| pH | 4.3 | 5.7 | 4.90 | 0.32 | 2.5 |
| Materia Orgánica (%) | 1.5 | 2.3 | 1.82 | 0.18 | 9.89 |
| Acidez cambiabie (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.0 | 2.3 | 1.19 | 0.60 | 23.2 |
| Aluminio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.0 | 1.5 | 0.37 | 0.43 | 56.1 |
| Saturación de aluminio | 0.0 | 81.1 | 21.1 | 23.64 | 56.1 |
| C.I.C.E. (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.47 | 4.0 | 1.69 | 0.58 | 27.7 |
| Calcio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.08 | 2.48 | 0.83 | 0.47 | 39.9 |
| Magnesio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.04 | 0.94 | 0.24 | 0.16 | 54.1 |
| Potasio (cmol ⁺ .kg ⁻¹) | 0.02 | 0.32 | 0.09 | 0.07 | 60. |
| Sodio (mg.kg ⁻¹) | 0.01 | 0.64 | 0.14 | 0.13 | 83.1 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 43.0 | 86.0 | 59.99 | 8.82 | 12.9 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 0.10 | 0.90 | 0.43 | 0.17 | 26.9 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 1.30 | 4.2 | 2.39 | 0.49 | 17.7 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 0.10 | 2.5 | 0.25 | 0.23 | 87.5 |

Anexo 4. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LOS CULTIVARES DE MAIZ UTILIZADOS EN ELSEMESTRE 1997A.

| Variedad | Al N10 (cmol/kg ⁻¹) | P (mg/kg ⁻¹) | PH | M.O. (%) | Ac | Al | Sol. Al | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----------|------------------------------------|-----------------------------|-------|-------------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Sikuani | 171.3 A | 10.6 B | 4.8 B | 1.7 A | 1.7 A | 1.05 A | 41.9 A | 1.85 A | 0.87 A | 0.34 A | 0.13 B | 0.16 A | 113 A | 0.96AB | 2.0A | 0.92 A |
| Clavito | 159.2 B | 14.1 A | 4.9 A | 1.7 A | 1.7 A | 0.97 A | 39.6 A | 1.82 B | 0.93 A | 0.34 A | 0.13 B | 0.16 A | 120 A | 0.98 A | 2.0 A | 0.92 A |
| ICA V109 | 175.8 A | 14.3 A | 4.9 A | 1.7 A | 1.4 B | 1.00 A | 39.8 A | 1.59 B | 1.01 A | 0.36 A | 0.19 A | 0.16 A | 119 A | 0.85 B | 2.0 A | 0.87 A |
| DMS | 11.3 | 2.6 | 0.08 | 0.1 | 0.15 | 0.09 | 4.3 | 0.22 | 0.14 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 14 | 0.1 | 0.24 | 0.14 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. dos dosis de P y Cal.

Tukey pr < 0.05

Anexo 5. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LOS CULTIVARES DE MAIZ UTILIZADOS EN EL SEMESTRE 1997B.*

| Variedad | Al N10 (cmol/kg ⁻¹) | P (mg/kg ⁻¹) | PH | M.O. (%) | Ac | Al | Sol. Al | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----------|------------------------------------|-----------------------------|-------|-------------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|------|---------|-------|------------|
| | | | | | (cmol/kg ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Sikuani | 157.6 AB | 21.4 A | 4.9 B | 1.7 A | 1.29 A | 0.43 A | 22.6 A | 2.62 B | 0.86 A | 0.25 A | 0.11 A | 0.16 A | 61 A | 0.47 A | 2.4 A | 0.29 A |
| Clavito | 151.6 B | 21.4 A | 5.0 A | 1.7 A | 1.10 B | 0.31 B | 18.2 A | 2.69 B | 0.83 A | 0.23 A | 0.09 AB | 0.14 A | 59 A | 0.43 AB | 2.4 A | 0.25A B |
| ICA V109 | 165.2 A | 20.7 A | 5.0 A | 1.7 A | 1.16AB | 0.35AB | 22.6 A | 2.82 A | 0.79 A | 0.21 A | 0.06 B | 0.10 A | 58 A | 0.39 B | 2.3 A | 0.18 B |
| DMS | 10.8 | 2.8 | 0.04 | 0.1 | 0.13 | 0.10 | 5.6 | 0.18 | 0.16 | 0.06 | 0.02 | 0.08 | 3.7 | 0.06 | 0.20 | 0.10 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. y dos dosis de P y Cal.

Tukey pr < 0.05

Anexo 6. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LAS FUENTESDE MATERIA ORGANICA UTILIZADAS EN EL SEMESTRE 1997A.*

| Fuente organica | Al N10 (cmol/kg ⁻¹) | P (mg/kg ⁻¹) | PH | M.O. (%) | Ac | Al | Sol. Al | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|-------|-------------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Sin M.O. | 1.68A | 9.1 B | 4.8 A | 1.6 C | 1.75 A | 1.10 A | 43.3 A | 1.62 A | 0.79 B | 0.84 AB | 0.12 B | 0.17 A | 125 A | 0.98 A | 2.08 A | 0.90 A |
| Caupi | 173 A | 9.8 B | 4.8 B | 1.7 B | 1.80 A | 1.12 A | 45.7 A | 1.64 A | 0.80 B | 0.33 B | 0.13 B | 0.18 A | 122 A | 0.93 A | 2.10 A | 0.90 A |
| Gallinaza | 164 A | 19.9 A | 5.0 A | 1.8 A | 1.34 B | 0.81 B | 31.7 B | 1.79 A | 1.20 A | 0.37 A | 0.18 A | 0.17 A | 106 B | 0.89 A | 1.91 A | 0.91 A |
| DMS | 11.3 | 2.6 | 0.08 | 0.09 | 0.15 | 0.09 | 4.38 | 0.22 | 0.14 | 0.04 | 0.02 | 0.014 | 14.05 | 0.40 | 0.24 | 0.14 |

* Promedio de 3 variedades, dos dosis de P y Cal.

Tukey pr < 0.05

Anexo 7. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LAS FUENTESDE MATERIA ORGANICA UTILIZADAS EN EL SEMESTRE 1997B.*

| Fuente organica | Al N10 (cmol/kg ⁻¹) | P (mg/kg ⁻¹) | PH | M.O. (%) | Ac | Al | Sol. Al | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|-------|-------------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| Sin M.O. | 160 A | 13.7 B | 4.9 B | 1.8 C | 1.38 A | 0.47 A | 28.0 A | 2.52 C | 0.89 B | 0.22 A | 0.07 B | 0.13 A | 59.6 A | 0.44 A | 2.38 AB | 0.21 A |
| Caupi | 161 A | 15.6 B | 4.4 B | 1.7 B | 1.37 A | 0.47 A | 26.0 A | 2.68 B | 0.89 B | 0.22 A | 0.06 AB | 0.15 A | 61.1 A | 0.44 A | 2.50 A | 0.23 A |
| Gallinaza | 155 A | 34.2 A | 5.0 A | 1.8 A | 0.80 B | 0.15 B | 9.4 B | 2.93 A | 1.09 A | 0.26 A | 0.10 A | 0.13 A | 59.1 A | 0.42 A | 2.27 B | 0.27 A |
| DMS | 10.9 | 2.8 | 0.04 | 0.09 | 0.13 | 0.10 | 5.6 | 0.18 | 0.16 | 0.06 | 0.02 | 0.05 | 3.8 | 0.06 | 0.2 | 0.10 |

* Promedio de 3 variedades, dos dosis de P y Cal.

Tukey pr < 0.05

Anexo 8. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL UTILIZADAS EN EL SEMESTRE 1997A.*

| Dosis de Cal (Kg/ha-t) | Al NRO cmol/kg ¹ | P mg/kg ¹ | PH | M.O (%) | Ac | Al | Sol. Al (%) | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|-------|---------|-------------------------|-------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ¹) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 175 A | 12.3 A | 4.6 B | 1.8 A | 1.85 A | 1.2 A | 49.1 A | 1.67 A | 0.77 B | 0.25 B | 0.14 A | 0.18 A | 122 A | 0.93 A | 2.2 A | 0.81 A |
| 1500 | 161 B | 13.6 A | 5.1 A | 1.8 A | 1.41 B | 0.8 B | 31.4 B | 1.70 A | 1.09 A | 0.45 A | 0.15 A | 0.16 A | 113 A | 0.94 A | 1.8 B | 0.90 A |
| DMS | 7.69 | 1.83 | 0.04 | 0.09 | 0.10 | 0.06 | 2.98 | 0.15 | 0.09 | 0.03 | 0.01 | 0.009 | 9.5 | 0.07 | 0.16 | 0.1 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 variedades y dos dosis de P.
Tukey pr < 0.05

Anexo 9. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL UTILIZADAS EN EL SEMESTRE 1997B.*

| Dosis de Cal (Kg/ha-t) | Al NRO cmol/kg ¹ | P mg/kg ¹ | PH | M.O (%) | Ac | Al | Sol. Al (%) | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|-------|---------|-------------------------|--------|-------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ¹) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 165 A | 20.6 A | 4.9 B | 1.8 A | 1.62 A | 0.67 A | 38.3 A | 2.80 A | 0.81 B | 0.15 B | 0.093 A | 0.15 A | 60.3 A | 0.43 A | 2.4 A | 0.24 A |
| 1500 | 162 B | 21.7 A | 4.9 A | 1.8 A | 0.74 B | 0.06 B | 3.9 B | 2.70 A | 1.04 A | 0.32 A | 0.087 A | 0.13 A | 59.6 A | 0.43 A | 2.3 A | 0.25 A |
| DMS | 7.42 | 1.9 | 0.007 | 0.09 | 0.09 | 0.06 | 3.8 | 0.11 | 0.11 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 2.8 | 0.04 | 0.14 | 0.71 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 variedades y dos dosis de P.
Tukey pr < 0.05

Anexo 10. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE FOSFORO UTILIZADAS EN EL SEMESTRE 1997A.*

| Dosis de P (Kg/ha-t) | Al NRO cmol/kg ¹ | P mg/kg ¹ | PH | M.O (%) | Ac | Al | Sol. Al (%) | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----------------------|-----------------------------|----------------------|--------|---------|-------------------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ¹) | | | | | | | | | | | |
| 25 | 164 B | 11.0 B | 4.98 A | 1.8 A | 1.65 A | 1.04 A | 41.0 A | 1.50 A | 0.89 A | 0.34 A | 0.14 A | 0.16 A | 118 A | 0.94 A | 1.99 A | 0.91 A |
| 50 | 173 A | 14.9 A | 4.90 A | 1.8 A | 1.81 A | 0.99 A | 37.5 A | 1.72 A | 0.97 A | 0.36 A | 0.15 A | 0.16 A | 118 A | 0.92 A | 2.05 A | 0.90 A |
| DMS | 7.7 | 1.83 | 0.04 | 0.09 | 0.10 | 0.06 | 2.98 | 0.25 | 0.096 | 0.03 | 0.014 | 0.009 | 9.5 | 0.07 | 0.16 | 0.10 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 variedades y dos dosis de Cal.
Tukey pr < 0.05

Anexo 11. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE FOSFORO UTILIZADAS EN EL SEMESTRE 1997B.*

| Dosis de P (Kg/ha-t) | Al NRO cmol/kg ¹ | P mg/kg ¹ | PH | M.O (%) | Ac | Al | Sol. Al (%) | CICE | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----------------------|-----------------------------|----------------------|-------|---------|-------------------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | | | | | (cmol/kg ¹) | | | | | | | | | | | |
| 25 | 163 B | 19.3 B | 4.9 A | 1.8 A | 1.17 A | 0.34 A | 20.4 A | 2.67 A | 0.84 A | 0.23 A | 0.09 A | 0.14 A | 60.1 A | 0.43 A | 2.3 A | 0.22 A |
| 50 | 164 A | 23.0 A | 4.9 A | 1.8 A | 1.19 A | 0.39 A | 21.9 A | 2.75 A | 0.81 A | 0.23 A | 0.09 A | 0.14 A | 59.8 A | 0.43 A | 2.4 A | 0.26 A |
| DMS | 7.9 | 1.95 | 0.007 | 0.09 | 0.09 | 0.06 | 3.8 | 0.14 | 0.11 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 2.5 | 0.04 | 0.14 | 0.07 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 variedades y dos dosis de Cal.
Tukey pr < 0.05

Anexo 12. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRATES ORTOGONALES | AI-M.O | P | pH | M.O | A.C | AI | SAT AI | CICE |
|--|--------|----|----|-----|-----|----|--------|------|
| Clav Vs Siku + ICA | . | . | | | ** | | | |
| Siku Vs ICA | . | ** | ** | | | . | | . |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | |
| Caupi Vs gallinaza | | ** | ** | . | ** | ** | ** | |
| 0 Vs 1500 | ** | | ** | | ** | ** | ** | |
| 25 Vs 50 | . | ** | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | . | | | . | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | ** | | | . | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | . | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | . | ** | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | ** | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | . | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | ** | | | | . | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | . | | | | | . |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | ** | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | ** | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | ** | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | ** | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 12. (Continuación). SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRASTES ORTOGONALES | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Clav Vs Siku + ICA | * | | ** | | | ** | | |
| Siku Vs ICA | | | | | | | | |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | * | * | * | | | | |
| Caupi Vs gallinaza | ** | | ** | | ** | | | |
| 0 Vs 1500 | ** | ** | | | | | ** | |
| 25 Vs 50 | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | * | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | * | | | ** | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | * | | | |
| Siku Vs ICA Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | * | | | ** | * |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | * | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | * | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav. Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | * | | | | | | | * |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | ** | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 13. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997B.

| CONTRASTES ORTOGONALES | Al-M.O | P | pH | M.O | AC | Al | SAT Al | CICE |
|--|--------|----|----|-----|----|----|-----------|------|
| Clav Vs Siku + ICA | ** | | * | | | | | ** |
| Siku Vs ICA | | | ** | | ** | ** | | |
| Sin. Vs Caupi + gallinaza | | ** | ** | * | ** | ** | ** | |
| Caupi Vs gallinaza | | ** | ** | | ** | ** | ** | ** |
| 0 Vs 1500 | ** | | ** | | ** | ** | ** | |
| 25 Vs 50 | ** | ** | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | * | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | * | | | * | | | | * |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | * | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | ** | | | ** | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | * | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | * | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | * | | | | ** | * | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | ** | ** | ** |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | * | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | * | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | * | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 13. (Continuación). SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997B.

| CONTRASTES ORTOGONALES | Ca | Mg | K | Na | Fe | Cu | Mn | Zn |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Clav Vs Siku + ICA | | | ** | * | | ** | | * |
| Siku Vs ICA | ** | | | | | | * | |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | | * | | | | | |
| Caupi Vs gallinaza | ** | ** | | | | * | | |
| 0 Vs 1500 | | | | | | | | |
| 25 Vs 50 | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | | | ** | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | * | ** | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | ** | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | ** | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | * | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | ** | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 14. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997A

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|----------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|
| Fósforo (%) | 0.01 | 0.29 | 0.11 | 0.05 | 32.1 |
| Calcio (%) | 0.01 | 0.94 | 0.10 | 0.15 | 140.3 |
| Magnesio (%) | 0.01 | 0.06 | 0.03 | 0.01 | 33.1 |
| Potasio (%) | 0.20 | 2.31 | 0.96 | 0.49 | 35.7 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 772 | 23800.0 | 5692.5 | 4432.0 | 62.4 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 7.0 | 46.0 | 17.7 | 8.8 | 32.9 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 3.0 | 35.0 | 19.6 | 6.88 | 31.2 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 10.0 | 77.0 | 28.2 | 15.0 | 46.2 |
| N (%) | 0.89 | 1.5 | 1.2 | 0.16 | 12.8 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.05 | 1.6 | 0.5 | 0.39 | 56.4 |

Anexo 15. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997B

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|----------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|
| Fósforo (%) | 0.06 | 0.19 | 0.11 | 0.03 | 18.2 |
| Calcio (%) | 0.09 | 0.34 | 0.15 | 0.04 | 21.0 |
| Magnesio (%) | 0.03 | 0.11 | 0.04 | 0.07 | 23.7 |
| Potasio (%) | 0.59 | 3.50 | 1.57 | 0.47 | 27.4 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 1480.0 | 24000.00 | 7035.19 | 4380.14 | 50.3 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 10.0 | 41.00 | 21.75 | 7.27 | 26.1 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 13.0 | 78.00 | 35.25 | 15.27 | 30.2 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 18.0 | 96.00 | 46.76 | 15.05 | 30.7 |
| N (%) | 1.0 | 1.65 | 1.39 | 0.16 | 11.4 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.1 | 1.63 | 0.59 | 0.38 | 60.3 |

Anexo 16. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA OBTENIDA PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN RAIZ EN LOS TRATAMIENTOS SOBRE USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y FOSFORO EN TRES VARIETADES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA EN 1997.

| VARIABLE | P | | Ca | | Mg | | K | | Fe | | Cu | | Mn | | Zn | | N | | Al | | |
|--------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | |
| Repetición | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Variedad | | | | | * | * | | | | | | | | | | | | | | | |
| Materia Orgánica | | ** | | ** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Variedad * M.O. | | | | | | | | | | | ** | ** | | | | * | * | * | * | * | * |
| Cal | | * | | ** | | ** | | | | | | | ** | | | | | | | | |
| Variedad * Cal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. * Cal | | | | | | | | | | | ** | ** | | | | | | | | | |
| Var. * M.O. * Cal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fósforo | | ** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * M.O. * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cal * Fosforo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | * |
| Var. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | * |
| M.O. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * M.O. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | * | | | | | | | | | | | |
| C.V. | 32,1 | 18,2 | 140,3 | 21,0 | 33,1 | 23,7 | 35,7 | 27,4 | 62,4 | 50,3 | 32,9 | 28,1 | 31,2 | 30,2 | 46,2 | 30,7 | 12,8 | 11,4 | 56,4 | 60,3 | |
| r ² | 0,63 | 0,59 | 0,45 | 0,63 | 0,42 | 0,42 | 0,68 | 0,45 | 0,57 | 0,57 | 0,71 | 0,60 | 0,47 | 0,68 | 0,51 | 0,40 | 0,38 | 0,38 | 0,55 | 0,42 | |

Anexo 17. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LOS TRES CULTIVARES DE MAIZ UTILIZADOS DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Variedad | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|----------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sikuani | 0.12 A | 0.12 A | 0.033 A | 0.90 A | 527 A | 18.3 A | 20.5 A | 29.2 A | 1.24 A | 0.56 A |
| Clavito | 0.11 A | 0.09 A | 0.030 B | 0.98 A | 640 A | 18.5 A | 20.8 A | 37.5 A | 1.24 A | 0.60 A |
| ICA V109 | 0.10 A | 0.07 A | 0.027 B | 0.98 A | 539 A | 16.3 A | 17.0 B | 21.2 B | 1.23 A | 0.53 A |
| DMS | 0.021 | 0.07 | 0.005 | 0.19 | 200 | 3.31 | 3.5 | 7.3 | 0.09 | 0.18 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 2 dosis de cal y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 18. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LOS TRES CULTIVARES DE MAIZ UTILIZADOS DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Variedad | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|----------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sikuani | 0.11 A | 0.15 A | 0.041 A | 1.56 A | 719.0 A | 20.7 A | 36.8 A | 44.9 A | 1.39 A | 0.59 A |
| Clavito | 0.11 A | 0.14 A | 0.042 A | 1.50 A | 713.0 A | 21.1 A | 34.6 A | 44.1 A | 1.39 A | 0.63 A |
| ICA V109 | 0.10 A | 0.15 A | 0.042 A | 1.65 A | 677.0 A | 23.3 A | 34.3 A | 51.1 A | 1.38 A | 0.55 A |
| DMS | 0.011 | 0.017 | 0.005 | 0.24 | 199 | 3.19 | 6.0 | 8.1 | 0.089 | 0.20 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 2 dosis de cal y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 19. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LAS TRES FUENTES ORGANICAS UTILIZADOS DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Fuente Orgánica | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|-----------------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sin M.O. | 0.11 A | 0.08 A | 0.031 A | 0.93 A | 566 A | 18.7 A | 18.1 A | 31.6 A | 1.24 A | 0.59 A |
| Caupi | 0.11 A | 0.12 A | 0.032 A | 0.95 A | 644 A | 17.9 A | 20.9 A | 28.4 A | 1.26 A | 0.59 A |
| Gallinaza | 0.11 A | 0.09 A | 0.037 A | 0.97 A | 496 A | 16.5 A | 19.9 A | 24.4 A | 1.21 A | 0.51 A |
| D.M.S | 0.02 | 0.08 | 0.006 | 0.19 | 200 | 3.31 | 3.47 | 7.3 | 0.09 | 0.18 |

* Promedio de 3 Variedades. 2 dosis de cal y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 20. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LAS TRES FUENTES ORGANICAS UTILIZADOS DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Fuente Orgánica | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|-----------------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sin M.O. | 0.10 B | 0.14 B | 0.042 A | 1.53 A | 647 A | 21.7 A | 33.2 A | 46.8 A | 1.39 A | 0.57 A |
| Caupi | 0.10 B | 0.14 B | 0.042 A | 1.58 A | 659 A | 21.9 A | 34.1 A | 50.4 A | 1.41 A | 0.60 A |
| Gallinaza | 0.12 A | 0.16 A | 0.044 A | 1.59 A | 804 A | 21.5 A | 38.3 A | 42.9 A | 1.36 A | 0.59 A |
| D.M.S | 0.011 | 0.018 | 0.005 | 0.24 | 199 | 3.19 | 6.0 | 8.1 | 0.089 | 0.21 |

* Promedio de 3 Variedades. 2 dosis de cal y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 21. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Dosis de Cal (Kg.ha-1) | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.11 A | 0.08 A | 0.03 A | 0.97 A | 544.0 A | 18.1 A | 18.9 A | 27.1 A | 1.26 A | 0.58 A |
| 1500 | 0.12 A | 0.11 A | 0.03 A | 0.93 A | 519.0 A | 17.3 A | 20.3 A | 29.3 A | 1.21 A | 0.55 A |
| DMS | 0.014 | 0.053 | 0.004 | 0.13 | 136.0 | 2.25 | 2.3 | 5.0 | 0.06 | 0.12 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 22. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Dosis de Cal (Kg.ha-1) | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.11 A | 0.13 B | 0.037 B | 1.56 A | 663.0 A | 24.9 A | 34.7 A | 49.8 A | 1.41 A | 0.61 A |
| 1500 | 0.10 B | 0.15 A | 0.046 A | 1.58 A | 743.0 A | 18.5 B | 35.7 A | 43.6 B | 1.36 A | 0.57 A |
| DMS | 0.007 | 0.012 | 0.038 | 0.16 | 135.7 | 2.17 | 4.08 | 5.51 | 0.06 | 0.13 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 23. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE P UTILIZADAS DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Dosis de P (Kg.ha-1) | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|----------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 25 | 0.11 A | 0.10 A | 0.029 A | 0.99 A | 503.0 A | 18.5 A | 18.7 A | 27.3 A | 1.23 A | 0.52 A |
| 50 | 0.11 A | 0.09 A | 0.031 A | 0.91 A | 632.0 A | 16.9 A | 20.6 A | 29.1 A | 1.24 A | 0.61 A |
| DMS | 0.01 | 0.05 | 0.004 | 0.131 | 136.0 | 2.2 | 2.3 | 2.8 | 0.06 | 0.12 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de cal
Tukey pr < 0.05

Anexo 24. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE P UTILIZADAS DURANTE EL SEMESTRE 1997B

| Dosis de P (Kg.ha-1) | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|----------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 25 | 0.10 B | 0.14 A | 0.042 A | 1.55 A | 731.0 A | 21.7 A | 35.20 A | 46.7 A | 1.38 A | 0.57 A |
| 50 | 0.12 A | 0.15 A | 0.041 A | 1.59 A | 675.0 A | 21.7 A | 35.29 A | 46.7 A | 1.39 A | 0.60 A |
| DMS | 0.008 | 0.012 | 0.004 | 0.16 | 135.0 | 2.17 | 4.08 | 5.51 | 0.06 | 0.13 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de cal
Tukey pr < 0.05

Anexo 25. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDA PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRASTES ORTOGONALES | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|--|---|----|----|---|----|----|----|----|---|----|
| Clav Vs Siku + ICA | * | | * | | | * | * | ** | | |
| Siku Vs ICA | | | | | | | | | | |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | | | | | | | | | | |
| Caupi Vs gallinaza | | | | | | | | * | | |
| 0 Vs 1500 | | | | | | | | | | |
| 25 Vs 50 | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | * | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | * | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | * | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | * | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | * | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 26. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDA PARA EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA RAIZ CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997B.

| CONTRASTES ORTOGONALES | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|--|----|----|----|---|----|----|----|----|---|----|
| Clav Vs Siku + ICA | | | | | | * | | * | | |
| Siku Vs ICA | ** | * | | | | | | | | |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | * | | | | | | | | |
| Caupi Vs gallinaza | * | * | * | | | * | | * | | |
| 0 Vs 1500 | ** | | | | | | | | | |
| 25 Vs 50 | | | | | | | | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | * | | | | | | | | | |
| Siku Vs ICA Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | * | | | * | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | * | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | * |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav. Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | * |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | * | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | * | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | * |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | ** | * | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 27. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997A

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|----------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|
| Fósforo (%) | 0.27 | 0.70 | 0.45 | 0.10 | 13.4 |
| Calcio (%) | 0.22 | 0.85 | 0.54 | 0.13 | 16.3 |
| Magnesio (%) | 0.08 | 0.43 | 0.23 | 0.07 | 18.7 |
| Potasio (%) | 1.50 | 3.95 | 2.61 | 0.44 | 15.1 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 71.0 | 885.00 | 273.30 | 189.03 | 35.6 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 5.20 | 25.00 | 13.90 | 3.34 | 17.4 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 15.0 | 95.00 | 52.01 | 13.55 | 24.5 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 10.0 | 35.00 | 17.08 | 4.81 | 20.7 |
| N (%) | 1.38 | 2.65 | 1.90 | 0.29 | 11.1 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.00 | 2.57 | 0.24 | 0.52 | 177.6 |

Anexo 28. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997B

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|----------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|
| Fósforo (%) | 0.23 | 0.40 | 0.31 | 0.04 | 6.01 |
| Calcio (%) | 0.16 | 1.00 | 0.41 | 0.14 | 27.1 |
| Magnesio (%) | 0.06 | 0.30 | 0.17 | 0.06 | 15.2 |
| Potasio (%) | 1.60 | 3.00 | 2.26 | 0.27 | 10.4 |
| Hierro (mg.kg ⁻¹) | 81.00 | 240.00 | 130.59 | 30.4 | 20.7 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 4.00 | 41.00 | 18.98 | 7.41 | 34.7 |
| Manganeso (mg.kg ⁻¹) | 20.00 | 96.00 | 50.40 | 15.01 | 17.1 |
| Zinc (mg.kg ⁻¹) | 10.00 | 57.00 | 25.52 | 9.69 | 24.5 |
| N (%) | 2.31 | 3.18 | 2.71 | 0.19 | 6.6 |
| Al (mg.kg ⁻¹) | 0.44 | 2.87 | 1.54 | 0.53 | 28.6 |

Anexo 29. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA OBTENIDA PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES EN LOS TRATAMIENTOS SOBRE USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y FOSFORO EN TRES VARIETADES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA. 1997A.

| VARIABLE | P | | Ca | | Mg | | K | | Fe | | Cu | | Mn | | Zn | | N | | Al | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|----|
| | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | |
| Repetición | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Variedad | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Materia Orgánica | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | * | ** | * | * | * | * | * | * | * |
| Variedad * M.O. | | | ** | ** | ** | ** | * | * | ** | ** | ** | ** | * | ** | * | * | * | * | * | * | * |
| Cal | | | * | * | ** | ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Variedad * Cal | | | ** | ** | ** | ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. * Cal | | | ** | ** | ** | ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * M.O. * Cal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fósforo | ** | * | | | | | | | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Var. * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * M.O. * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cal * Fosforo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * Cal * Fos. | | | * | * | * | * | | | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Var. * M.O. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C.V. | 13 | 6 | 16 | 27 | 19 | 15 | 15 | 10 | 36 | 21 | 17 | 35 | 25 | 17 | 21 | 25 | 11 | 6,6 | 17,8 | 29 | |
| r2 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | ## | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,72 | 0,7 | 0,4 | 0,57 | 0,5 | |

Anexo 34 PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL EN ESTUDIO DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Dosis de Cal (Kg.ha-1) | N (%) | Al mg.kg ⁻¹ | P Ca Mg K | | | | Fe Cu Mn Zn | | | |
|------------------------|--------|------------------------|-----------|--------|--------|-------|------------------------|-------|--------|--------|
| | | | (%) | | | | (mg.kg ⁻¹) | | | |
| 0 | 1.89 A | 0.24 A | 0.44 A | 0.51 B | 0.19 B | 2.6 A | 288 A | 14.2A | 56.2 A | 17.0 A |
| 1500 | 1.91 A | 0.22 A | 0.45 A | 0.56 A | 0.27 A | 2.5 A | 258 A | 13.5A | 47.7 B | 17.0 A |
| DMS | 0.08 | 0.16 | 2.8 | 0.03 | 0.01 | 0.15 | 37 | 0.92 | 4.9 | 1.3 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 35. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL EN ESTUDIO DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Dosis de Cal (Kg.ha-1) | N (%) | Al mg.kg ⁻¹ | P Ca Mg K | | | | Fe Cu Mn Zn | | | |
|------------------------|-------|------------------------|-----------|--------|--------|-------|------------------------|-------|--------|--------|
| | | | (%) | | | | (mg.kg ⁻¹) | | | |
| 0 | 2.7 A | 0.23 A | 0.31 A | 0.36 B | 0.11 B | 2.3 A | 137.9A | 20.1A | 60.7 A | 27.8 A |
| 1500 | 2.7 A | 0.24 A | 0.31 A | 0.44 A | 0.22 A | 2.2 B | 123.2B | 17.8A | 40.0 B | 23.2 B |
| DMS | 0.07 | 0.17 | 0.007 | 0.04 | 0.01 | 0.09 | 10.3 | 2.5 | 2.9 | 2.4 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de P
Tukey pr < 0.05

Anexo 36. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE P EN ESTUDIO DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Dosis de P (Kg.ha-1) | N (%) | Al mg.kg ⁻¹ | P Ca Mg K | | | | Fe Cu Mn Zn | | | |
|----------------------|--------|------------------------|-----------|--------|--------|--------|------------------------|-------|--------|--------|
| | | | (%) | | | | (mg.kg ⁻¹) | | | |
| 25 | 1.85 B | 0.23 A | 0.42 B | 0.52 A | 0.23 A | 2.57 A | 274 A | 13.8A | 49.3 B | 17.2 A |
| 50 | 1.95 A | 0.24 A | 0.47 A | 0.55 A | 0.23 A | 2.64 A | 272 A | 13.9A | 54.6 A | 16.9 A |
| DMS | 0.08 | 0.16 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.15 | 37.3 | 0.92 | 4.9 | 1.3 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de cal
Tukey pr < 0.05

Anexo 37. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE P EN ESTUDIO DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Dosis de P (Kg.ha-1) | N (%) | Al mg.kg ⁻¹ | P Ca Mg K | | | | Fe Cu Mn Zn | | | |
|----------------------|--------|------------------------|-----------|--------|--------|-------|------------------------|-------|--------|--------|
| | | | (%) | | | | (mg.kg ⁻¹) | | | |
| 25 | 2.72 A | 0.23 A | 0.30 B | 0.39 A | 0.17 A | 2.2 A | 131 A | 19.5A | 49.8 A | 25.7 A |
| 50 | 2.69 A | 0.24 A | 0.31 A | 0.41 A | 0.17 A | 2.2 A | 129 A | 18.4A | 50.9 A | 25.2 A |
| DMS | 0.69 | 0.17 | 0.007 | 0.04 | 0.01 | 0.09 | 10.3 | 2.5 | 2.9 | 2.4 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. 3 Variedades y 2 dosis de cal
Tukey pr < 0.05

Anexo 38. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDA PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRASTES ORTOGONALES | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Clav Vs Siku + ICA | | * | | | | | | * | ** | ** |
| Siku Vs ICA | ** | ** | ** | * | ** | * | | ** | ** | ** |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | | | | ** | | | | | |
| Caupi Vs gallinaza | ** | ** | ** | ** | | | | * | | |
| 0 Vs 1500 | | ** | ** | | | | ** | | | |
| 25 Vs 50 | ** | | | | | | * | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | ** | |
| Siku Vs ICA Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | ** | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | * | ** | | | | | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | ** | ** | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav. Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | * | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | * | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | * | | | | | * | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | * | * | ** | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 39. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDA PARA LA CONCENTRACION FOLIAR DE NUTRIENTES CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997B.

| CONTRASTES ORTOGONALES | P | Ca | Mg | K | Fe | Cu | Mn | Zn | N | Al |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|
| Clav Vs Siku + ICA | | ** | * | | | | ** | | | ** |
| Siku Vs ICA | ** | * | | | | | ** | | | * |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | ** | | | | | | | | |
| Caupi Vs gallinaza | | ** | | ** | * | | * | ** | | |
| 0 Vs 1500 | | ** | ** | * | ** | | ** | ** | | |
| 25 Vs 50 | * | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | | | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | * | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | * | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | * | ** | ** | | | | ** | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | ** | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | * | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | * | * | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | * | | | | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | | | * | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | * | | | | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 40. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EVALUADOS EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997A

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|--|--------|--------|--------|---------------------|---------------------------|
| Altura de planta (cm.pl ⁻¹) | 138.0 | 257.0 | 198.6 | 26.1 | 4.01 |
| Volumen de raíz (cm ³ .pl ⁻¹) | 57.5 | 183.3 | 94.7 | 22.9 | 15.7 |
| Biomasa de hojas (g.pl ⁻¹) | 12.2 | 36.7 | 24.8 | 4.7 | 13.2 |
| Biomasa de tallos (g.pl ⁻¹) | 49.9 | 202.0 | 107.4 | 24.8 | 21.5 |
| Biomasa de raíz (g.pl ⁻¹) | 10.0 | 26.8 | 16.5 | 3.6 | 35.0 |
| Area foliar (cm ² .pl ⁻¹) | 2010.0 | 5870.0 | 4065.0 | 873.4 | 7.1 |
| Rendimiento de grano (kg.ha ⁻¹) | 1240.0 | 3977.0 | 2991.6 | 602.0 | 7.8 |
| Sobrevivencia de plantas 5 d.d.e (%) | 75.0 | 87.0 | 81.6 | 2.13 | 1.3 |
| Sobrevivencia de plantas 15 d.d.e (%) | 53.0 | 84.0 | 72.3 | 9.0 | 1.3 |
| Sobrevivencia de plantas 25 d.d.e (%) | 8.66 | 80.0 | 69.1 | 7.6 | 1.8 |

Anexo 41. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ EVALUADOS EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DURANTE EL SEMESTRE 1997B

| Variables | Mínimo | Máximo | Media | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|--|--------|--------|--------|---------------------|---------------------------|
| Altura de planta (cm.pl ⁻¹) | 158.0 | 253.0 | 203.8 | 19.5 | 4.4 |
| Volumen de raíz (cm ³ .pl ⁻¹) | 52.8 | 157.0 | 101.7 | 22.7 | 17.8 |
| Biomasa de hojas (g.pl ⁻¹) | 14.7 | 46.5 | 24.4 | 4.7 | 8.5 |
| Biomasa de tallos (g.pl ⁻¹) | 35.2 | 250.7 | 125.5 | 53.5 | 15.5 |
| Biomasa de raíz (g.pl ⁻¹) | 10.4 | 58.2 | 23.5 | 9.0 | 14.3 |
| Area foliar (cm ² .pl ⁻¹) | 2018.0 | 6571.0 | 4140.0 | 774.5 | 5.4 |
| Rendimiento de grano (kg.ha ⁻¹) | 1527.0 | 4933.0 | 3330.0 | 789.8 | 6.5 |
| Sobrevivencia de plantas 5 d.d.e (%) | 54.0 | 85.0 | 73.0 | 8.9 | 2.1 |
| Sobrevivencia de plantas 15 d.d.e (%) | 53.0 | 84.0 | 72.0 | 9.0 | 2.0 |
| Sobrevivencia de plantas 25 d.d.e (%) | 50.0 | 80.0 | 69.0 | 7.5 | 2.3 |

Anexo 42. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA OBTENIDA PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EN LOS TRATAMIENTOS SOBRE USO DE MATERIALES ORGANICOS, DOSIS DE CAL Y FOSFORO EN TRES VARIETADES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA EN 1997.

| VARIABLE | ALPLAN | | VOLRAIZ | | B.HOJAS | | B.TALLOS | | B. RAIZ | | A. FOLIAR | | RENDIM. | | SOBREV 8 | | SOBREV 16 | | SOBREV 26 | |
|--------------------------|--------|------|---------|-------|---------|------|----------|-------|---------|-------|-----------|------|---------|------|----------|------|-----------|------|-----------|------|
| | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 |
| Repetición | * | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | | | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Variedad | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Materia Orgánica | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Variedad * M.O. | ** | ** | | | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Cal | ** | ** | | * | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Variedad * Cal | * | | | | | | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| M.O. * Cal | ** | ** | | | ** | ** | ** | ** | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Var. * M.O. * Cal | | | | ** | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Fósforo | * | | * | * | ** | ** | * | * | * | * | * | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * |
| Var. * Fos. | * | | | | | | | | * | * | * | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | |
| M.O. * Fos. | | | | | | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| Var. * M.O. * Fos. | | | | * | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| Cal * Fosforo | | | | | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| Var. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| M.O. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| Var. * M.O. * Cal * Fos. | | | | | | | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | |
| C.V. | 4,01 | 4,40 | 15,70 | 17,80 | 13,2 | 8,50 | 21,5 | 15,50 | 35,00 | 14,30 | 7,10 | 5,40 | 7,80 | 6,50 | 1,30 | 2,10 | 1,30 | 2,00 | 1,80 | 2,30 |
| r2 | 0,87 | 0,91 | 0,63 | 0,6 | 0,65 | 0,85 | 0,81 | 0,66 | 0,36 | 0,69 | 0,89 | 0,95 | 0,91 | 0,92 | 1 | 0,52 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 |

Anexo 43. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LOS TRES CULTIVARES DE MAIZ EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Variedad | Altura de Planta (cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend. grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 15 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 25 d.d.g. (%) |
|----------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sikuani. | 191 C | 88 B | 21,6 C | 71,3 C | 21,1 B | 4033 B | 3970 A | 84 A | 80 A | 80 A |
| Clavito | 225 A | 108 A | 27,9 A | 175,4 A | 27,2 A | 4661 A | 2688 C | 81 B | 68 B | 60 B |
| ICA V109 | 194 B | 108 A | 23,8 B | 130,1 B | 22,2 B | 3727 C | 3333 B | 81 B | 57 C | 55 C |
| D.M.S. | 3,3 | 6,5 | 1,3 | 10,9 | 3,3 | 119,1 | 106,1 | 0,64 | 0,52 | 0,41 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O. dos dosis de P y Cal.
Tukey pr < 0.05

Anexo 44. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LOS TRES CULTIVARES DE MAIZ EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Variedad | Altura de Planta (cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend. grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 15 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 25 d.d.g. (%) |
|----------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sikuani | 177 C | 84 B | 21.2 B | 114.0 A | 15.0 B | 3328 C | 3289 A | 82 A | 82 A | 76 A |
| Clavito | 226 A | 99 A | 27.1 A | 101.1 B | 17.4 A | 4576 A | 2638 C | 80 C | 71 B | 70 B |
| ICA V109 | 192 B | 100 A | 26.3 A | 107.1 B | 17.1 A | 4289 B | 3046 B | 81 B | 63 C | 62 C |
| D.M.S. | 3.6 | 6.8 | 0.86 | 6.8 | 0.96 | 90.2 | 79.6 | 0.69 | 0.58 | 0.65 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O., dos dosis de P y Cal.
Tukey pr < 0.05

Anexo 45. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LAS TRES FUENTES DE MATERIALES ORGANICOS EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Variedad | Altura de Planta (cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend. grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 15 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 25 d.d.g. (%) |
|-----------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sin M.O. | 197 B | 91 B | 22.8 B | 113.9 B | 22.2 B | 3572 C | 2831 C | 80 C | 65 C | 60 C |
| Caupi | 200 B | 97 B | 23.4 B | 123.38 | 22.3 B | 4004 B | 3321 B | 82 B | 68 B | 64 B |
| Gallinaza | 213 A | 116 A | 27.1 A | 140.1 A | 26.0 A | 4845 A | 3839 A | 84 A | 74 A | 71 A |
| D.M.S. | 3,3 | 6,5 | 1,3 | 10,9 | 3,3 | 119 | 106,1 | 0,64 | 0,52 | 0,41 |

* Promedio de 3 Variedades, dos dosis de P y Cal.
Tukey pr < 0.05

Anexo 46. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LAS TRES FUENTES DE MATERIALES ORGANICOS EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Variedad | Altura de Planta (cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend. grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 15 d.d.g. (%) | Sobrev.plantas 25 d.d.g. (%) |
|-----------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sin M.O. | 190 C | 83 C | 22.6 C | 94.9 C | 14.5 C | 3576 C | 2613 C | 80 C | 68 C | 65 C |
| Caupi | 195 B | 91 B | 24.0 B | 102.0 B | 15.8 B | 3926 B | 2936 B | 81 B | 72 B | 69 B |
| Gallinaza | 209 A | 108 A | 27.9 A | 124.8 A | 19.1 A | 4676 A | 3415 A | 83 A | 76 A | 74 A |
| D.M.S. | 3,6 | 6,8 | 0,86 | 6,7 | 0,9 | 90,2 | 79,7 | 0,6 | 0,5 | 0,6 |

* Promedio de 3 Variedades, dos dosis de P y Cal.
Tukey pr < 0.05

Anexo 47. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Dosis de Cal (Kg/ha-1) | Altura de planta(cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend.grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 dds (%) | Sobrev.plantas 15 dds (%) | Sobrev.plantas 25 dds (%) |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 201 B | 101 A | 24.1 A | 117.0 B | 23.8 A | 3995 B | 3153 B | 82 A | 67 B | 63 B |
| 1500 | 206 A | 101 A | 24.8 A | 134.2 A | 23.2 A | 4285 A | 3508 A | 83 A | 71 A | 68 A |
| D.M.S. | 2,7 | 5,2 | 1,07 | 8,9 | 2,7 | 97,2 | 86,6 | 0,32 | 0,35 | 0,28 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O., tres variedades y dos dosis de P.

Tukey pr < 0.05

Anexo 48. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE CAL EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Dosis de Cal (Kg/ha-1) | Altura de planta(cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend.grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 dds (%) | Sobrev.plantas 15 dds (%) | Sobrev.plantas 25 dds (%) |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 189 B | 91 B | 22.8 B | 97.8 B | 15.3 B | 3682 B | 2743 B | 72 A | 71 B | 68 B |
| 1500 | 207 A | 98 A | 26.9 A | 117.0 A | 17.8 A | 4448 A | 3239 A | 72 A | 74 A | 71 A |
| D.M.S. | 2,9 | 5,5 | 0,7 | 5,5 | 0,78 | 73,6 | 65,0 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |

* Promedio de 3 fuentes de M. O., tres variedades y dos dosis de P.

Tukey pr < 0.05

Anexo 49. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE FOSFORO EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997A.

| Dosis de Cal (Kg/ha-1) | Altura de planta(cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend.grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 dds (%) | Sobrev.plantas 15 dds (%) | Sobrev.plantas 25 dds (%) |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 25 | 204 A | 98 B | 23.5 B | 121.1 B | 23.9 A | 4009 B | 3230 B | 82 A | 69 B | 65 B |
| 50 | 203 A | 104 A | 25.4 A | 130.1 A | 23.1 A | 4272 A | 3431 A | 83 A | 71 A | 67 A |
| D.M.S. | 2,7 | 5,3 | 1,0 | 8,9 | 2,72 | 97,2 | 86,6 | 0,3 | 0,3 | 0,28 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O., Tres variedades y dos dosis de Cal.

Tukey pr < 0.05

Anexo 50. PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS DE ACUERDO CON LAS DOSIS DE FOSFORO EN ESTUDIO, DURANTE EL SEMESTRE 1997B.

| Dosis de Cal (Kg/ha-1) | Altura de planta(cm.pl-1) | Vol de raíz (cm ³ /pl) | Biomasa de hojas (g.pl-1) | Biomasa de tallo (g.pl-1) | Biomasa de raíz (g.pl-1) | Area foliar (cm ² /pl) | Rend.grano (Kg/ha-1) | Sobrev.plantas 5 dds (%) | Sobrev.plantas 15 dds (%) | Sobrev.plantas 25 dds (%) |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 25 | 198 A | 91.9 A | 25.0 A | 104.3 B | 16.3 A | 3948 B | 2884 B | 81 A | 71 B | 69 A |
| 50 | 298 A | 97.4 A | 24.6 A | 110.5 A | 16.7 A | 4181 A | 3099 A | 81 A | 73 A | 70 A |
| D.M.S. | 2,9 | 5,6 | 0,7 | 5,5 | 0,7 | 73,6 | 65,0 | 0,56 | 0,4 | 0,5 |

* Promedio de 3 fuentes de M.O., Tres variedades y dos dosis de Cal.

Tukey pr < 0.05

Anexo 51. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRATES ORTOGONALES | Altura planta | Vol. raíz | Bioma hojas | Bioma tallos | Biomasa raíz |
|--|---------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Clav Vs Siku + ICA | ** | ** | | | |
| Siku Vs ICA | ** | ** | ** | ** | ** |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | * | ** | | |
| Caupi Vs gallinaza | ** | ** | ** | ** | * |
| 0 Vs 1500 | ** | | | ** | |
| 25 Vs 50 | | * | ** | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | ** | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | * |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | ** | * | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | * | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | * | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | * | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | * | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |

* Pr< 0,05

**Pr<0,01

Anexo 51. (Continuación). SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRATES ORTOGONALES | Area. foliar. | Rend. de grano | Sobrevi. 5 d.d.e. | Sobrevi. 15d.d.e. | Sobrevi. 25 d.d.e. |
|--|---------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Clav Vs Siku + ICA | ** | * | ** | ** | ** |
| Siku Vs ICA | ** | ** | ** | ** | ** |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | * | | | |
| Caupi Vs gallinaza | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0 Vs 1500 | ** | ** | | ** | ** |
| 25 Vs 50 | ** | ** | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) V5 (Sin Vs caupi + gallinaza) | ** | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | ** | | ** | ** |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | ** | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | ** | | ** | ** |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | ** | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | ** | ** |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | ** | | ** | ** |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | ** | ** |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | * | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | ** | * |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | * | | | | |
| (Clav. Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | * | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | * | * |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | ** | | ** | * |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | ** | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | ** | ** | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | * | * |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | ** | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | | | * | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | * | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 52. SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997B.

| CONTRATES ORTOGONALES | Alt. planta | Vol raiz | Blom. hojas | Blom. tallos | Blom. raiz |
|--|--------------------|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Clav Vs Siku + ICA | ** | ** | ** | | * |
| Siku Vs ICA | ** | ** | ** | ** | ** |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | | ** | * | * |
| Caupi Vs gallinaza | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0 Vs 1500 | ** | * | ** | ** | ** |
| 25 Vs 50 | | * | | * | |
| (Clav Vs Siku + ICA) V5 (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | ** | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | ** | | * | | ** |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | ** | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | ** | | * |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | | ** | ** | * |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | * | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | ** | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | ** | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01

Anexo 52. (Continuación). SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LOS CONTRASTES ORTOGONALES OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES AGRONOMICAS CON EL USO DE MATERIALES ORGANICOS DOSIS DE CAL Y P EN TRES CULTIVARES DE MAIZ EN UN OXISOL DE LA ORINOQUIA EN EL SEMESTRE 1997A.

| CONTRATES ORTOGONALES | Area. foliar. | Rend. de grano | Sobrevi. 5 d.d.e. | Sobrevi. 15d.d.e. | Sobrevi. 25 d.d.e. |
|--|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Clav Vs Siku + ICA | ** | * | * | ** | ** |
| Siku Vs ICA | ** | ** | ** | ** | ** |
| Sin Vs Caupi + gallinaza | ** | * | | | |
| Caupi Vs gallinaza | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0 Vs 1500 | ** | ** | | ** | ** |
| 25 Vs 50 | ** | ** | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) | | ** | | ** | ** |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) | | | | | |
| Siku Vs ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) | | ** | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) | * | ** | | ** | ** |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) | | * | | ** | ** |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (25 Vs 50) | ** | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (25 Vs 50) | | | | * | * |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | ** | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | ** | | ** | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | * | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | * | ** | | | |
| (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav. Vs Siku +ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | ** | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | ** | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs Caupi + Gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | | ** | | * | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) | ** | | | | |
| (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | ** | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clav Vs Siku + ICA) Vs (caupi Vs gallinaza) Vs (25 vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | * | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | * | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Clavito Vs Siku + ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | ** | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Sin Vs caupi + gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |
| (Siku Vs ICA) Vs (Caupi Vs gallinaza) Vs (0 Vs 1500) Vs (25 Vs 50) | | | | | |

* Pr < 0,05

**Pr < 0,01