

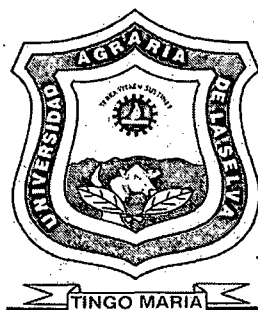
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARÍA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**IMPACTO DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO DE ONDA
SINUSOIDAL A 60HZ EN EL CULTIVO DE FRIJOL CAUPÍ
(*Vigna unguiculata* LW)**

TESIS

Para optar el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

HORACIO RAMÍREZ GARCÍA

TINGO MARÍA – PERÚ

2009

F01

R21

Ramírez García, Horacio

Impacto del Campo Electromagnético de Onda Sinusoidal a 60 Hz en el Cultivo de Frijol Caupí (*Vigna unguiculata* LW) Tingo María, 2009

73 h.; 34 cuadros; 48 fgrs.; 15 ref.; 30 cm.

Tesis (Maestro en Ciencias) Universidad Nacional Agraria de la Selva,
Tingo María (Perú). Escuela de Posgrado.

VIGNA UNGUICULATA. LW / CAMPO MAGNÉTICO / CULTIVO

/ CAMPO ELÉCTRICO / IMPACTO / METODOLOGÍA / TINGO

MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
ESCUELA DE POSGRADO

Av. Universitaria Km1.5 S/N Telefax (062) 561070 Email: epgunas@hotmail.com

“Año de la unión nacional frente a la crisis externa”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria siendo las 6.00 p.m. del día lunes dieciocho del mes de junio de 2009, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

Impacto del Campo Electromagnético de Onda Sinusoidal a 60 Hz en cultivo Frijol Caupí.

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología con mención en Gestión Ambiental, Ingeniero Mecánico- Electricista **HORARIO RAMIREZ GARCIA**. Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de MUY BUENO

Acto seguido, a horas 7:04 el Presidente dio por levantado el acto; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros integrantes del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Ing. M.Sc. José Névaro Crisóstomo
Presidente del Jurado



AUSENTE
Ing. M.Sc. Jorge Adiazola Del Águila
Miembro del Jurado

Ing. M.Sc. Lucio Manrique De Lara Suárez
Miembro del Jurado

Ing. M. Sc. Hugo Huamani Yupanqui
Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A mi esposa Hilmer

A mi hija Liz Roxana

Debo a ellos mi existencia y mi razón de vivir para cumplir mi misión en éste valle de esperanza y paraíso del futuro.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, por permitirnos realizar los estudios de Postgrado en la ciudad de Tarapoto y avanzar en el conocimiento de la Ciencia Ambiental. A la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto que mediante convenio con la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, nos permitieron desarrollar las actividades académicas en sus aulas universitarias y nos dieron las facilidades para culminar con éxito los estudios.

Al Ing. M.Sc. Julio Ríos Ramírez y al Ing. Roaldo López Julca, por el apoyo permanente en el área agronómico durante el desarrollo del experimento.

Mi agradecimiento a los miembros del jurado, Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo, Ing. M.Sc. Lucio Manrique De Lara Suárez, Ing. M.Sc. Jorge Adiazola Del Águila, Ing. M.Sc. Tania Guerrero Vejarano, que tuvieron la gentileza de hacer la visita al lugar del experimento en la ciudad de Tarapoto; generando en mi persona confianza y seguridad en el avance de la investigación.

Al Ing. M.Sc. Hugo Huamaní Yupanqui, mi agradecimiento especial por el asesoramiento en el trabajo y la fortaleza transmitida para continuar en el desarrollo del experimento.

Asimismo mi reconocimiento a los investigadores en el tema, materia del experimento, por el inicio de los trabajos en un tema muy controvertido de interés tecnológico y económico.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	04
2.1. Influencia de los campos electromagnéticos en la actividad biológica.....	04
2.1.1. Los geocampos	04
2.1.2. El electromagnetismo atmosférico.....	05
2.1.3. Plantas electromagnetizadas.....	05
2.1.4. El sistema eléctrico del cuerpo.....	06
2.1.5. Las células bajo el poder de las ondas.....	06
2.1.6. Efectos biológico de los campos.....	06
2.1.7. Efectos genéticos del campo electromagnético.....	07
2.1.8. Valores referenciales para campos electromagnéticos.....	08
2.1.9. Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos.....	10
2.1.10. Efectos biológicos de los campos magnéticos de muy baja frecuencia.....	11
2.1.11. Materiales biológicos magnéticos.....	12
2.1.12. Energía cósmica.....	12
2.1.13. Energías telúricas.....	13
2.1.14. Las energías telúricas y las plantas.....	14
2.1.15. Radiación	15
2.2. Caracterización de la onda electromagnética.....	17
2.2.1. Onda electromagnética.....	17

2.2.2. Campos electromagnéticos.....	19
2.2.3. Campos eléctricos.....	19
2.2.4. Campo magnético.....	19
2.2.5. Diferencia entre un campo eléctrico y campo magnético.....	22
2.3. Antecedentes experimentales.....	22
2.3.1. Metodología en la micropropagación de cafeto con la aplicación de campos electromagnéticos.....	22
2.3.2. Incremento del crecimiento y rendimiento del tomate por Tratamientos magnéticos de semilla en época tardía.....	23
2.3.3. Efectos del campo magnético en material orgánico	23
2.3.4. Germinación estimulada con campos magnéticos.....	24
2.3.5. Magnetización del agua.....	25
2.3.6. Efectos del agua magnetizada en crecimiento de plantas.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Características del área experimental.....	27
3.2. Materiales y equipos.....	27
3.2.1. Material biológico.....	27
3.2.2. Equipos eléctricos e instrumentos.....	28
3.2.3. Materiales eléctricos.....	31
3.3. Metodología.....	31
3.3.1. Diseño y construcción de línea de media tensión y solenoides.....	32
3.3.2. Distribución e instalación de los equipos y elementos a utilizar.....	34
3.3.3. Diseño experimental.....	35
3.3.4. Actividades Inicio del experimento.....	37
3.3.5. Actividades en la ejecución del experimento.....	38
3.3.6. Indicadores biométricos a evaluar en el cultivo de frijol.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
4.1. Efecto del campo electromagnético en las características biométricas	

del cultivo de frijol caupi.....	40
4.2.Efecto del límite máximo permisible del campo magnético y campo eléctrico determinado por la ICNIRP en la actividad biológica.....	51
4.3.Comparación de la influencia del campo magnético y campo eléctrico en la actividad biológica	53
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES.....	59
VII. ABSTRACT.....	60
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	61
IX. ANEXO O APÉNDICE.....	63
9.1.Resumen de datos de las variables tomado durante el ciclo vegetativo.....	63
9.2.Cuadros Resumen de datos de las muestras por tratamiento en cada Variable.....	64
9.3.Cuadros de ANVA y Medias por Variable.....	67
9.4.Gráficos del experimento del cultivo de frijol caupí.....	71
9.5.Esquema del área experimental	76
9.6.Esquema del solenoide No. 1, No.2 y línea de media tensión.....	77
9.7.Fotos del experimento.....	78
9.8.Magnitudes y unidades.....	86
9.9.Organizaciones internacionales.....	86

INDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Límites de exposición recomendados por la ICNIRP	08
Cuadro 2. Exposición máxima recomendada por Consejo de Unión Europea. ...	08
Cuadro 3. Valores de campo en líneas de 220 Kv y 400Kv según norma europea.....	09
Cuadro 4. Resumen del nivel de Significancia de las variable... ..	40
Cuadro 5. Resumen de medias de Duncan	42
Cuadro 6. Impacto Significativo de los tratamiento en las variables.....	51
Cuadro 7. Comparación del efecto entre el campo eléctrico y campo magnético.	51
Cuadro 8. Datos del comportamiento de variables del ciclo vegetativo de planta.....	63
Cuadro 09. Altura máxima de las plantas en cada tratamiento	64
Cuadro 10. Número máximo de hojas por planta en cada tratamiento.....	64
Cuadro 11. Número máximo de vainas por planta en cada tratamiento.....	65
Cuadro 12. Longitud promedio de vaina por planta en cada tratamiento.....	65
Cuadro 13. Promedio de grano por vaina en cada tratamiento.....	65
Cuadro 14. Peso promedio del grano por planta en cada tratamiento.....	66
Cuadro 15. Número de granos por planta en cada tratamiento.....	66
Cuadro 16: Peso de granos por planta en cada tratamiento.....	66
Cuadro 17. ANVA para altura máxima de las plantas	67
Cuadro 18. Duncan: Altura máxima de la planta	67
Cuadro 19. ANVA para el número de hojas por planta	67
Cuadro 20. Duncan: Número de hojas por planta.....	67
Cuadro 21. ANVA para el número de vainas por planta	68

Cuadro 22. Duncan: Número de vainas por planta	68
Cuadro 23. ANVA para la el promedio de longitud de vaina por planta	68
Cuadro 24. Duncan: Longitud de vaina por planta.....	68
Cuadro 25. ANVA para número de granos por vaina	69
Cuadro 26. Duncan: Número de granos por vainas	69
Cuadro 27. ANVA para el peso del grano	69
Cuadro 28. Duncan: Peso del grano	69
Cuadro 29. ANVA para producción de granos por planta	70
Cuadro 30. Duncan: Producción de granos por planta	70
Cuadro 31. ANVA para producción de gramos por planta	70
Cuadro 32. Duncan: Producción de gramos por planta	70
Cuadro 33. Valor promedio de las variables en cada tratamiento.....	72
Cuadro 34. Impactos significativos de las variables por tratamientos	75

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Campo magnético de la tierra.....	04
Figura 2. Campo magnético medido cerca de línea de transporte de 220Kv... ..	09
Figura 3. Factores incidentes en el impacto de una radiación.	17
Figura 4. Onda electromagnética (onda azul es magnética, verde electrifica).....	17
Figura 5. Distribución del campo magnético en el solenoide	21
Figura 6. Germinación y crecimiento de plantas en campo magnético	24
Figura 7. Crecimiento de lentejas en campo magnético.....	25
Figura 8. Circuito de magnetización del agua	26
Figura 9. Esquema de línea de media tensión 2000 voltios	32
Figura 10. Distribución de los equipos y elementos en el área experimental.....	34
Figura 11. Material paramagnético en presencia de campo magnético y eléctrico.	45
Figura 12. Influencia del campo magnético en materiales paramagnéticos.....	46
Figura 13. Altura de crecimiento de la planta en 06 tratamientos.....	47
Figura 14. Número de hojas durante ciclo vegetativo en 06 tratamientos	48
Figura 15. Vainas durante ciclo vegetativo en 06 tratamientos.....	49
Figura 16. Impacto de los tratamientos de las 8 variables en estudio.	50
Figura 17. Altura de crecimiento de la planta en 04 tratamientos	54
Figura 18. Hojas durante ciclo vegetativo en 04 tratamientos.....	55
Figura 19. Vainas durante ciclo vegetativo en 04 tratamientos	55
Figura 20. Altura de crecimiento de las plantas en 03 tratamientos	71
Figura 21. Hojas durante ciclo vegetativo en 03 tratamientos	71
Figura 22. Vainas en 03 tratamientos	72
Figura 23. Altura promedio de las plantas en cada tratamiento	73

Figura 24. Numero promedio de hojas de las plantas en cada tratamiento	73
Figura 25. Longitud promedio de vaina en cada tratamiento	73
Figura 26. Número promedio de grano por vaina en cada tratamiento.....	74
Figura 27. Peso promedio del grano en cada tratamiento	74
Figura 28. Peso promedio de granos por planta en cada tratamiento.....	74
Figura 29. Número promedio de granos por planta en cada tratamiento.....	75
Figura 30. Área del experimento en el segundo piso de una vivienda	76
Figura 31. Esquema del solenoide N°2 de 100 espiras (generador de 100).....	77
Figura 32. Esquema del solenoide N°1 de 16 espiras (generador de 5 uT)	77
Figura 33. Esquema del solenoide N°1 de 16 espiras y línea de media tensión...	78
Figura 34. Área de trabajo con los solenoides N°1 y N°2 y equipos	78
Figura 35. Siembra de las semillas de frijol caupí en los maceteros.....	79
Figura 36. Ubicación de maceteros dentro de la línea de 2000v.....	79
Figura 37. Maceteros con 08 plantas germinadas	80
Figura 38. Ubicación de macetero con una planta seleccionada.....	80
Figura 39. Medición del campo magnético en el solenoide de N°1.....	81
Figura 40. Maceteros dentro de los campo magnéticos	81
Figura 41. Plantas en floración dentro del campo eléctrico 5 Kv/m.....	82
Figura 42. Muestra testigo inspeccionando brote de vaina.....	82
Figura 43. Plantas amarillándose en plena floración.....	83
Figura 44. Plantas con hojas amarilla vainas con campo Eléctrico de 5Kv/m y magnético de 100	83
Figura 45. Plantas todo con hojas amarillas y vainas en maduración.....	84
Figura 46. Plantas con hojas amarillas y vainas en maduración en campo eléctrico de 5Kv/m.....	84
Figura 47. Plantas sin hojas con vainas en proceso de secado.....	85
Figura 48. Planta con vainas sin hojas.....	85

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Tarapoto con la finalidad de determinar la influencia del campo electromagnético de onda sinusoidal a frecuencia de 60 Hz en el crecimiento del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*). Con este fin se ejecutó el experimento con 06 tratamientos que fueron: la aplicación de campos magnéticos de 5 μ T (T1) y 100 μ T (T2), campo eléctrico de 5 Kv/m (T3) y campos electromagnéticos de 5 μ T+5Kv/m (T4) y 100 μ T+5Kv/m (T5) y un testigo (T6); todos ellos en forma continua durante la ejecución del experimento. Estos tratamientos fueron dispuestos en un diseño experimental completamente al azar en 4 repeticiones. Como cultivo indicador se sembró el frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*) en maceteros de plásticos de 6 litros de capacidad.

De esta manera se encontró que la aplicación continuada de campos electromagnéticos de frecuencia a 60 Hz, afecta la actividad biológica del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*); siendo más notoria en la fase de floración y llenado de vainas; también el campo magnético de 100 μ T de onda sinusoidal a 60Hz, recomendado por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes ICNIRP, no está dentro del límite permisible para el cultivo de frijol caupí. Asimismo se encontró que el campo eléctrico de 5 Kv/m, sí está dentro del límite permisible y el campo magnético genera mayor impacto negativo que el campo eléctrico a frecuencia de 60 Hz.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los años 1930, los efectos de ondas electromagnéticas a bajas frecuencias sobre los materiales biológicos, fueron estudiados a fondo por físicos, ingenieros y biólogos.

Las primeras noticias al respecto surgen en la Unión Soviética en los años 60, aunque este tema comenzó a cobrar fuerza a partir de 1979, con la publicación en EE.UU. del primer estudio epidemiológico realizado en personas que residían cerca de líneas de alta tensión (FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, 1998).

Las energías cósmicas (solar, lunar, planetas, galaxias, etc.) y la energía que emite la tierra (magnéticas, eléctricas, gravitacionales, etc), forman el marco energético, donde se desarrolla la vida. Esta energía global puede intensificarse o debilitarse en determinados lugares, los cuales son considerados como lugares geopatógenos. La variación de estas energías está en función de las corrientes de agua subterránea, fracturas geológicas, bolsas de aire, masas de minerales, composición del terreno, etc. Estas perturbaciones geofísicas, dan origen a variaciones de la electroconductividad e ionización del terreno, que al unirse al campo generado por la actividad antrópica, dan como resultado espacios ambientales contaminados.

El campo electromagnético es una contaminación ambiental invisible, muy permeable a los materiales orgánicos e inorgánicos, su generación es permanente y creciente en la industria, comercio y domicilios; debido al aumento de las redes de

alta y baja tensión; así, como una gran variedad de aparatos electrodomésticos, industriales, médicos, laboratorios y comunicaciones.

La Organización Mundial de la Salud, tiene recogidos más de 25 000 artículos publicados sobre este tema, sin embargo a la fecha no hay más que conclusiones contradictorias que no ayudan a aclarar sobre la contaminación electromagnética. Es por ello la importancia de seguir despejando la incertidumbre sobre los peligros derivados de la exposición de los campos eléctricos y magnéticos.

Dentro de este contexto se ha desarrollado una metodología, que nos permitió evaluar el impacto que produce el campo eléctrico, magnético y electromagnético a frecuencia 60 Hz en cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*); aplicándole durante su ciclo biológico. Los campos aplicados fueron valores considerados como límites máximos permisible "LMP" recomendado por las instituciones rectoras internacionales: Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) y la Oficina Regional de la Organización mundial de la salud (OMS) para Europa en 1998. Los resultados obtenidos permitirán tomar acciones de mitigación de los impactos, evitando pasivos ambientales de contaminación impredecibles. El experimento planteo la hipótesis siguiente:

Hipótesis: H : El campo electromagnético de onda sinusoidal a 60Hz afecta el crecimiento del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*)

Ho: El campo electromagnético de onda sinusoidal a 60Hz no afecta el crecimiento del cultivo frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*)

Objetivo general

Determinación de la influencia del campo electromagnético en la actividad biológica.

Objetivos específicos

Determinar el efecto del campo electromagnético en el cultivo de frijol caupí.

Verificación de los límites máximos permisibles (LMP), del campo eléctrico y magnético de onda sinusoidal a 60Hz determinados por la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) en la actividad biológica.

Determinar si el campo magnético o el campo eléctrico generan mayor impacto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Influencia de los campos electromagnéticos en la actividad biológica

2.1.1 Los geocampos

Estamos rodeados de un mar de campos electromagnéticos. Desde que nos levantamos por la mañana hasta que nos acostamos, llegamos a estar en contacto, aproximadamente, con unos treinta (30) campos de intensidad diversa. El impacto del electromagnetismo sobre el medio ambiente puede alterar el planeta de formas que aun desconocemos. La superficie de la Tierra esta sometida a la acción de los campos eléctricos y magnéticos de origen natural, los cuales tienen también una influencia sobre los organismos vivos. El campo magnético natural es saludable, incluso tiene una vibración (onda de Shumann) de 7,8 Hz que coincide con el nivel cerebral de máxima creatividad. Cualquier alteración de la emisión de ondas electromagnéticas tiene influencia en la salud, en las cosechas y es responsable de los cambios cíclicos del clima planetario (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS, 2000).

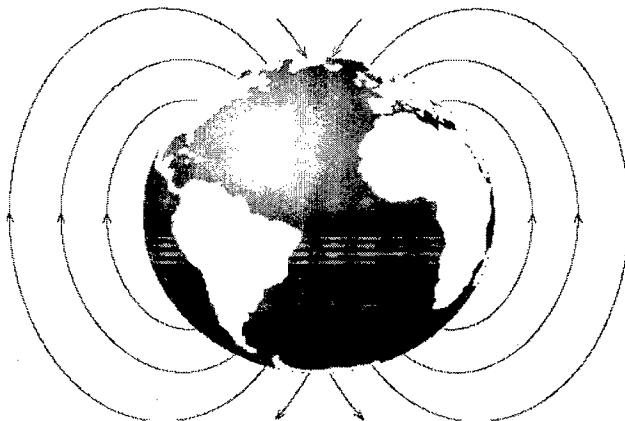


Figura 1. Campo magnético de la tierra

2.1.2 El electromagnetismo atmosférico

En la atmósfera se suceden importantes fenómenos electromagnéticos en directa interacción con las emisiones de la radiación solar y cósmica. La gran tensión eléctrica que se acumula en la atmósfera provoca cada día unas 50.000 tempestades en todo el planeta, con efectos globales sobre la Tierra. Después de una tempestad, la atmósfera se carga de iones negativos, los cuales producen una sensación agradable, de frescor y relajamiento. La abundancia de iones negativos limpia la atmósfera de microorganismos patógenos, precipita el polvo y el polen, Por el contrario, cuando predominan los iones positivos, se percibe una sensación de euforia y ansiedad (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLÓGICOS, 2000).

2.1.3 Plantas electromagnetizadas

Entre 1868-84, un científico finlandés, Selim Lemström, realizó una serie de expediciones a las regiones polares. Sus observaciones le permitieron teorizar que la rica vegetación en los meses de verano se debía, no a que la luz del día se alargaba, sino al incremento de la actividad eléctrica de la aurora boreal. Las plantas alineadas con los campos magnéticos de la Tierra generan formas más vivas y más altas. Los investigadores rusos descubrieron que los tomates si se colocaban cerca del polo sur de un imán crecían más rápidamente que si se colocaban próximos al polo norte. También las fotografías infrarrojas de los satélites de la NASA indicaban que los campos de trigo débiles y los campos saludables, mostraban una señal electromagnética muy diferente. Un ingeniero de Colorado, el Dr.H.Len Cox, también comprobó que las plantas magnetizadas crecían mucho más (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLÓGICOS, 2000).

2.1.4 El sistema eléctrico del cuerpo

El electromagnetismo es inherente a la anatomía humana, las ondas cerebrales son eléctricas; los enzimas (los mensajeros químicos de nuestro cuerpo) están influidos eléctricamente; la división celular es eléctrica, el latido del corazón es eléctrico, todos los cambios químicos son eléctricos. El cuerpo humano es un organismo especialmente eléctrico, y su interacción con los campos exteriores es parte ordinaria de su equilibrio físico y químico general (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS, 2000).

2.1.5 Las células bajo el poder de las ondas

Los campos electromagnéticos hacen vibrar las paredes celulares y puede producir efectos biológicos perjudiciales, como alterar el movimiento de calcio a través de las paredes celulares. El calcio tiene un papel importante en la regulación de las contracciones musculares, los latidos del corazón o la división celular. La alteración del mensaje genético de las células que, en teoría, puede producirse bajo estas circunstancias, procesos cancerígenos, estos descubrimientos parecerían ratificar la constatación que los campos electromagnéticos son agentes promotores del crecimiento cancerígeno. Debemos añadir también que, cuando se altera el movimiento de los iones celulares como el calcio, se debilita la capacidad biológica de los organismos para luchar contra el cáncer. Algunos médicos apuntan a la contaminación electromagnética como la responsable de enfermedades que la humanidad no había visto antes, y algunas de las enfermedades conocidas como el alzheimer, cáncer, esclerosis, parkinson, aumenten inexplicablemente entre la población (SOLÓRZANO DEL RÍO, 2009).

2.1.6 Efectos biológico de los campos

Debido a su composición electrolítica los seres vivos son por lo general buenos conductores de la electricidad. A través de las membranas celulares y de los

fluidos corporales intra y extracelulares existen corrientes iónicas, asociado un campo magnético. Además en los sistemas biológicos existen estructuras magnéticamente influenciadas como los radicales libres que presentan propiedades paramagnéticas y aquellas en las que intervienen sustancias ferromagnéticas. La respuesta de un sistema biológico a un campo magnético externo depende de las propiedades magnéticas intrínsecas del sistema como de las características del campo externo y de las propiedades del medio en el cual tiene lugar el fenómeno. Los campos magnéticos de las radiaciones no ionizantes de frecuencia extremadamente baja como es el caso de los campos magnéticos de 60 Hz han mostrado tener efectos sobre los sistemas biológicos y se ha informado que éstos pueden afectar la velocidad de las reacciones y una gran cantidad de procesos bioquímicos. Recientemente se ha discutido la posible asociación de la exposición a CEM con el desarrollo de leucemia aguda. Por otra parte, se ha sugerido que el riesgo de leucemia infantil puede estar relacionado con los efectos combinados de campos magnéticos estáticos y de campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja (SOLÓRZANO DEL RÍO, 2009).

2.1.7 Efectos genéticos de los campos electromagnéticos

No hay a la fecha un consenso general acerca del efecto genotóxico atribuido a la exposición a CEM de 60 Hz, En lo que respecta al efecto en cromosomas, expusieron células amnióticas de humano a un campo magnético sinusoidal de 30 μ T y de 50 Hz por espacio de 72 h y encontraron un incremento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas comparado con un grupo no expuesto. En contraste Galt y cols, probaron el efecto de un CEM de 30 μ T de 50 Hz sobre células amnióticas humanas durante un período de exposición de tres días. Pero ellos no encontraron incremento de daño a los cromosomas en las células expuestas a campos electromagnéticos (JUUTILAINEN y LANG, 2003).

2.1.8 Valores referenciales para campos electromagnéticos

En 1998 la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante -ICNIRP (International Comition for Non Ionizing Radiation Protection), organismo científico vinculado a la Organización Mundial de la Salud, publicó una guía para prevenir efectos de campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz estableciendo los siguientes valores de referencia:

Cuadro 1. Límites de exposición recomendados por la ICNIRP

ICNIRP (1998)	Frecuencia de la red eléctrica europea	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil	Frecuencia de los hornos De microondas		
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
Exposición	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μ T)	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	

Fuente: ICNIRP (1998)

Cuadro 2. Exposición máxima recomendada por consejo de la Unión Europea

Fuente	Exposición máxima típica de la población	
	Campo eléctrico (V/m)	Densidad de flujo magnético (μ T)
Campos naturales	200	70 (campo magnético terrestre)
Red eléctrica (lejos de líneas)	100	0,2
Red eléctrica (junto líneas)	10 000	20
Trenes y tranvías eléctricos	300	50
Pantallas de TV y computadora	10	0,7

Fuente: ICNIRP (1998)

Cuadro 3. Valores de campo en líneas de 220 Kv y 400Kv según norma europea

Líneas	Campo eléctrico (kV/m)			Campo magnético (μ T)		
	Máximo	A 30 metros	A 100metros	Máximo	A 30metros	A 100 metros
220 kV	0,7 – 3,4	0,2 – 0,64	0,01 – 0,05	0,4 – 5,7	0,13 – 0,71	0,00 – 0,08
400 kV	1,2 – 5,2	0,35–1,28	0,02 – 0,14	0.4 – 14,0	0,15 – 2,85	0,01 – 0,29

Fuente: REE (2003)

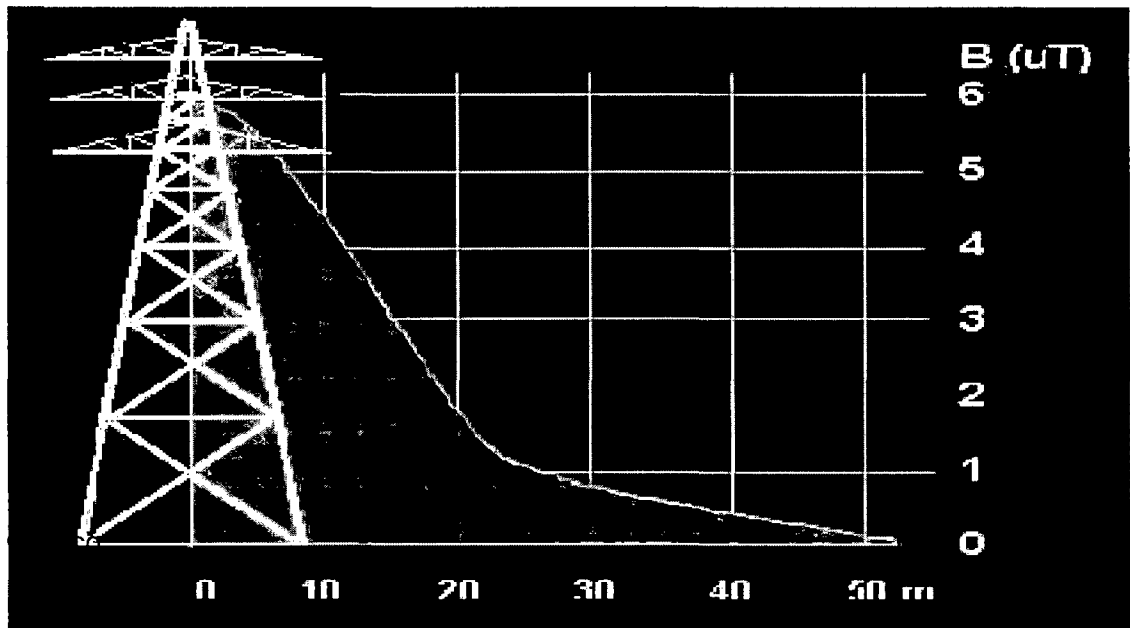


Figura 2. Campo magnético medido cerca de línea de transporte de 220Kv.

En la vía pública se han medido varias veces al nivel de suelo, valores de 10 μ T por el paso de cables del alumbrado público o de distribución, valores que disminuyen a 1 μ T a 1,5 m de altura. Muchas veces los campos electromagnéticos proviene de los aparatos o las instalaciones de los vecinos a través de las paredes, especialmente peligrosos son los consultorios médicos subestaciones, antenas de radio y TV. En España la incidencia habitual de leucemia en niños menores de 14 años es de 4 casos por cada cien mil niños y aproximadamente otros 4 serán diagnosticados de tumor en el sistema nervioso. Estos dos tipos de cáncer son los más frecuentes en niños (CASTAÑO *et al.*, 1997).

Una buena solución al tendido de cables no es por cierto entre cableado subterráneo y cableado aéreo, el cableado debe garantizar a la persona más próxima menos de 0,3 uT, esta es una buena solución. En Suiza el estándar legal es de 1 uT y el estándar precautorio es 0.3 uT. Debemos asegurar que los tendidos de cualquier tipo, aéreo o subterráneo, generen en los hogares un campo magnético inferior a 0,3 microtesla. Recordemos que cuando los campos magnéticos son iguales o superiores a 0,3 - 0,4 uT, la probabilidad de leucemia infantil aumenta de 1,7 - 2,0 veces (MONTENEGRO, 2004).

2.1.9 Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos.

El campo eléctrico atmosférico tiene un valor a nivel del suelo de 0.1Kv / m, con oscilaciones muy fuertes en las tormentas eléctricas (10Kv/m), mientras que el campo magnético terrestre varía con la latitud, con un valor medio de 50 μT.

Los organismos son muy sensibles a las alteraciones de los campos electromagnéticos. A frecuencias bajas, debido a la alta conductividad de los tejidos, el campo eléctrico interno (E_i) es mucho menor que el externo (E_o) en una relación de:

$$E_i \approx \epsilon_0 \omega \rho E_o$$

Siendo: ω la frecuencia angular y ρ la resistividad específica del tejido, que es pequeña y ϵ_0 la permitividad en el vacío. La membrana celular por otra parte, tiene una resistividad muy alta. Un cálculo del campo en la membrana (E_m) para una célula esférica de radio r y espesor d se determina: ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2$).

$$E_m \approx 1,5 \frac{r}{d} E_i$$

Con datos de dimensiones y parámetros correspondientes a una célula típica en el cuerpo humano, un campo externo de 300 V/m se puede traducir en un campo extracelular del orden de 10^{-5} V/m y del orden de 10^{-2} V/m en la membrana. Para el campo magnético la situación es diferente, ya que al ser la permeabilidad (μ_0) del cuerpo prácticamente igual a la del aire, penetra sin modificación de los tejidos. El campo magnético ejerce una fuerza sobre cargas móviles, dada por la ley de Lorentz.

$$F = qv \times B$$

Siendo: **F** fuerza sobre la carga, **V** velocidad de movimiento, **B** campo magnético

El efecto Faraday, se da porque un campo magnético cambiante produce un campo eléctrico y en consecuencia una corriente en un medio de conductividad.

$$\int E \, dl = \frac{d}{dt} \int B \, ds$$

Donde: **S** es un área atravesada por **B** y **C** un contorno que limita esa área. Estos campos y corrientes quizás si puedan afectar a receptores de membrana y alterar el flujo de iones a través de la misma (ARCOS *et al.*, 2004)

2.1.10 Efectos biológicos de los campos magnéticos de muy baja frecuencia.

Los campos eléctricos y magnéticos pueden inducir cargas superficiales (corrientes eléctricas inducidas) en los humanos, dando como resultado flujos de corriente dentro del cuerpo. Una cantidad que es de interés al analizar las interacciones de los campos, es la magnitud pico de la densidad de corriente inducida I_{pico} la cual puede ser calculada de la Ley de Ohm:

$$|I|_{\text{pico}} = \sigma |E|_{\text{pico}} = \sigma \pi R f |B_0|$$

Donde:

B_0 : campo sinusoidal aplicado a un circuito circular

$|E|_{\text{pico}}$: valor pico del campo eléctrico inducido

R : radio del circuito

f : frecuencia

σ : conductividad eléctrica del medio.

(ARCOS *et al.*, 2004)

2.1.11 Materiales biológicos magnéticos.

Se ha sugerido que la magnetita (Fe_3O_4) está presente en células de mamíferos y que los campos magnéticos industriales pueden causar efectos biológicos al activar directamente tales partículas. Los cálculos muestran que esto requeriría campos industriales de al menos $2\text{-}5\mu\text{T}$, de modo que esta hipótesis tiene relevancia para exposiciones ocupacionales. Hay mediciones que mostraron la presencia de un mínimo de 5 millones de cristales de magnetita por gramo en la mayoría de los tejidos del cerebro. Los efectos son teóricamente posibles bajo campos de intensidad inferior a la del geomagnético; los autores demostraron que a 0.1mT la concentración de radicales libres se incrementaba en aproximadamente un 1%. Este 1% dicen ellos "es muy pequeño, y el cuerpo posee sofisticados mecanismos de defensa para soportar estos radicales bajo condiciones normales"(ARCOS *et al.*, 2004).

2.1.12 Energía cósmica

Son los influjos de los astros que penetran en la atmósfera y se transmiten al globo terráqueo, estabilizándose y complementándose con las energías telúricas. Existen terrenos que son capaces de absorber las radiaciones que proceden del fondo interestelar de la galaxia, más allá de la materia oscura del

universo. Estos terrenos son muy buenos para vivir y convivir, sin embargo existen otros que no permiten que las energías cósmicas se adentren en el regazo de “la madre Tierra” y por ello rebotan saliendo desvirtuadas al exterior, estos lugares deben ser evitados. Son lugares hiper-conflictivos que producen disonancias entre los seres humanos y los espacios habitables (VALEGA, 1994).

2.1.13 Energías telúricas

Son las que provienen, circulan y emanan continuamente de la superficie terrestre y del subsuelo, estando muy relacionadas con las variaciones energéticas de la geo-magnetosfera, la electro-conductividad del terreno y las influencias gravito-magnéticas del Sol y del resto del sistema planetario. Somos a veces inexorablemente devorados por la diferencia de potencial eléctrico de un terreno no homogéneo o por la inestabilidad del gradiente geomagnético terrestre de un lugar determinado. En el globo terráqueo existen las siguientes energías Telúricas (VALEGA, 1994).

a. Redes de Hartmann.- La Red de Radiación Global, Red H o Red de Hartmann, en honor a su redescubridor el médico alemán Ernesto Hartmann es un sistema de líneas de radiación que en forma de una red o malla cubren todo el globo terráqueo. Estas líneas son como paredes invisibles de aire ionizado desde la Tierra hasta la Ionosfera, y atraviesan gruesas paredes y losas de hormigón como si no existieran, de modo que su efecto es igual afuera como dentro de un edificio y lo mismo al nivel de tierra como en el piso mas alto de un moderno rascacielos. Estas líneas de fuerza del campo magnético terrestre, corren en dirección norte – sur y este – oeste, dividiendo el campo magnético terrestre en pequeños campos de polaridad alternadamente positivos y negativos, con medidas de aproximadamente 2.00 metros en dirección norte - sur y 2.5 metros en dirección este - oeste. En un cruce

de estas líneas es donde se produce todo tipo de alteración a nivel molecular se denominan puntos geopáticos y alteran el PH Sanguíneo aumentando el tenor ácido de todo organismo. Sobre los cruces confluyen en mayor cantidad los Rayos Cósricos, Microondas, "iones positivos", Virus y Bacterias (VALEGA, 1994).

b. Red diagonal curry.- Retícula magnética orientada NE-SO Y NO-SE aproximadamente, de mayor tamaño que la red Hartmann, orientada diagonalmente con respecto a ésta. La red Curry está considerada una red "Solar". Algunas teorías de la cosmo-antropología esotérica, consideran que es una distorsión cosmo-telúrica o reflejo energético producido por cambios bruscos en el eje de la elíptica del planeta Tierra, debidos a cataclismos ocurridos en los tiempos de la pretérita Atlántida. El grosor de las paredes de la red Curry es de 70 a 80 cm, es mucho más dañina que la red Hartmann. Las frecuencias de la red Curry son extremadamente sutiles (VALEGA, 1994).

c. Puntos estrella.- Son la concordancia o superposición de un cruce de la red ortogonal Hartmann, con la red diagonal Curry. Son altamente activos y por tanto muy peligrosos. Permanecer en un punto estrella por más de 1 minuto puede desvitalizar a un prospector hasta llevarlo al temido "FADING RADIESTÉSICO". (extenuación psíquica y perdida momentánea de la sensibilidad radiestésica) (VALEGA, 1994).

2.1.14 Las energías telúricas y las plantas.

La mayoría de las plantas necesitan para su buen desarrollo lugares libres de radiaciones telúricas. Un árbol plantado en una zona inadecuada para él se desarrolla mal, en las franjas de dichas radiaciones sobrevive y en los cruces (centros de mayor energía) muere. Sus raíces crecen caóticamente, crían tumores, los resinosos presentan hendiduras o ramificaciones de sus troncos, Otros crecen

torcidos. Pero hay algunas especies de árboles, que por el contrario necesitan esas radiaciones y solo prosperan si están sobre un cruce de líneas Hartmann o de venas de agua. También hay algunas plantas, entre ellas algunas medicinales, que crecen sobre cruces de radiación, como por ejemplo: helechos, muérdago, ortiga, ruda, aloe, etc. Las papas depositadas en sótanos radiados, se pudren, los vinos pierden calidad y las semillas su poder germinativo. En resumen, caracteriza esta zona la presencia de alteraciones energéticas y la incidencia de malas hierbas, hongos, bacterias deficiencias en oligoelementos y presencia de plagas, insectos y otros animales, como pulgones, escarabajos, hormigas, caracoles, ratas y ratones, topillos, etc. (VALEGA, 1994).

2.1.15 Radiación

La radiación es la emisión de la energía mediante ondas y cuantos o fotones desde toda fuente energética. Las radiaciones son uno de los factores causales de cáncer más reconocidos en el mundo. La radiación actúa como un iniciador de la carcinogénesis, induciendo alteraciones que progresan hasta convertirse en cáncer después de un periodo de latencia de varios años (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS, 2000).

a. Radiaciones no ionizantes.- Son radiaciones de baja frecuencia y baja energía y son débiles para producir daño a las moléculas que forman nuestras células y por tanto no producen ionización; están presentes en las ondas de radio; microondas; infrarrojo, visible y ultravioleta de frecuencia infraionizante. Los fotones con energía inferior a 0.1 eV no son capaces de romper los enlaces químicos y se denominan no ionizantes. Por esta razón las denominadas radiaciones no ionizantes abarcan el espectro de frecuencias que se extiende entre los campos estáticos no variables en el tiempo o sea $f = 0$ hz y las frecuencia $300 \text{ GHz} = 3 \times 10^{11}$. Se puede concluir

que todos los fotones u ondas electromagnéticas con frecuencias comprendidas entre cero y un billón de Hz, no tienen energía suficiente para romper moléculas y por tanto se consideran no ionizantes (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS, 2000).

b. Radiaciones Ionizantes.- Son radiación de alta frecuencia que transmite energía suficiente para romper los enlaces químicos (ionización). Produce daños importantes en el ADN provocando cambios permanentes en las células que pueden conducir al cáncer. El origen de la radiación ionizante es muy variable; puede proceder del tratamiento con radioterapia, exposición exagerada a la radiación ultravioleta, rayos gamma producidos por materiales radioactivos, rayos X, y fuentes electromagnéticas de alta frecuencia. Los fotones de alta energía, comprendida en el rango de órdenes de magnitud de 0.1 a 1 eV, son capaces de romper las moléculas ya que la energía del enlace químico está comprendida en el mismo intervalo. Un electrón-voltio, (eV), es la energía que adquiere un electrón en un potencial de 1 voltio. La energía radiante existe independientemente de su fuente, viaja lejos de su fuente y continúa existiendo aun cuando la fuente se apaga. Las energías no radiantes cesan cuando la fuente se apaga (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS, 2000).

c. Radioactividad.- Son ondas que tienen suficiente energía como para arrancar electrones negativos de los átomos, convertirlos en iones con carga positiva y consecuentemente, alterar el equilibrio biológico. La radioactividad procede de la desintegración natural o artificial de los átomos. Respecto a la radioactividad natural, puede provenir de la radiación cósmica o del subsuelo. La cósmica tiene, obviamente, distintos efectos según la altitud. Los pilotos y el personal auxiliar que vuelan habitualmente a altitudes de 9.000 metros presentan una dosis extra de

radioactividad y el riesgo de contraer enfermedades degenerativas es superior. Dentro de la radioactividad que proviene del substrato geológico encontramos el gas radón (ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLÓGICOS, 2000).

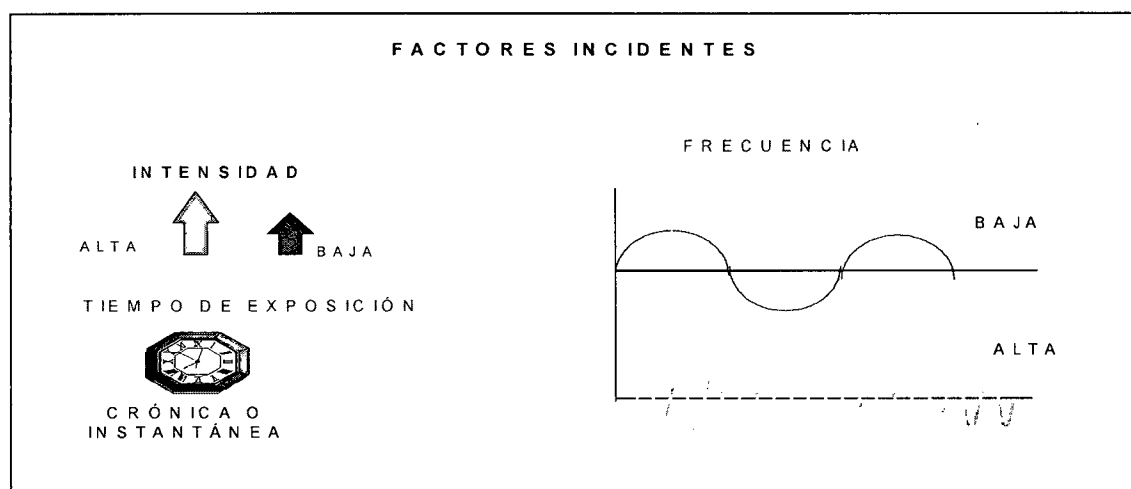


Figura 3. Factores incidentes en el impacto de una radiación.

2.2. Caracterización de la onda electromagnética

2.2.1. Onda electromagnética

Una onda electromagnética es la propagación del campo electromagnético a través de un medio material o del vacío. Se caracteriza por su longitud de onda y su frecuencia; esta formada las ondas magnéticas y eléctrica que son perpendiculares entre si y viajan a la velocidad de la luz (Figura 3). La longitud de onda "λ" y la frecuencia "f" están relacionadas a través de $\lambda \times f = c$.

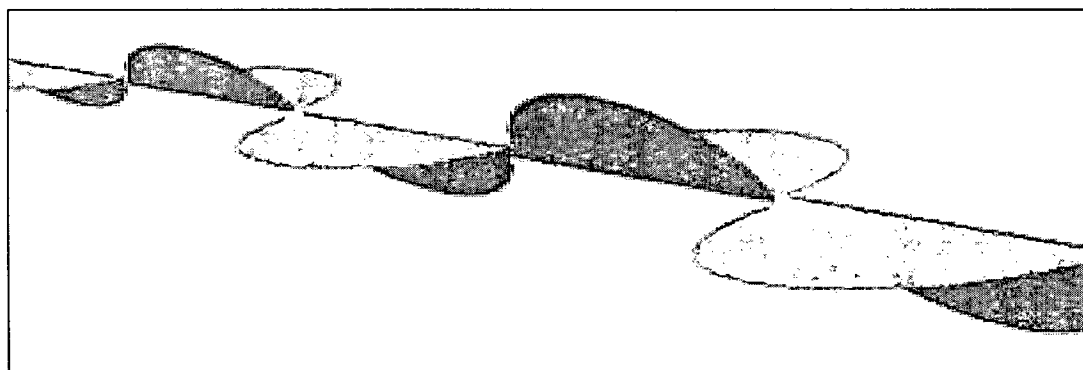


Figura 4. Onda eletromagnética (onda azul es magnética, verde eletrifica)

Las ondas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. El contenido energético de un fotón a menudo se expresa en términos de "electrón-voltio.

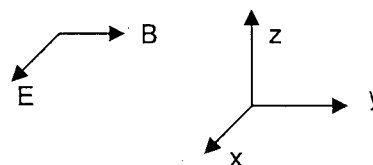
a. Ecuaciones de ondas eletromagnética

Onda Eléctrica

Onda Magnética

$$E_x = E_0 \cos(kz - \omega t)$$

$$B_y = B_0 \cos(kz - \omega t)$$



b. Características de una onda eletromagnética

- Son producidas por cargas aceleradas.
- Esta formado por dos ondas que son perpendiculares.
- La dirección y propagación esta dada por el vector producto de $E \times B$
- Son ondas transversales perpendiculares y perpendiculares a la dirección de Propagación.
- Se propagan en el vacío con una velocidad de $C = 1 / (\epsilon_0 \mu_0)^{1/2}$ ϵ_0 = permitividad eléctrica en el vacío μ_0 = permeabilidad magnética en el vacío.
- La frecuencia depende solo de la fuente y no cambia al pasar de un medio a otro. En cambio la longitud de onda cambia cuando pasa de un medio a otro:
 - Si $V = C / n$ y $V = \lambda f$ entonces $\lambda = \lambda_0 / n$
- La magnitud de los campos eléctricos y magnetitos se relacionan de la siguiente manera: $B = E / C$ ó $E = C B$ C = velocidad de la luz (300 000 km/s)
- Densidad energía/volumen: $U = U_E + U_B = \epsilon_0 E^2 / 2 + B^2 / 2 \mu_0 = \epsilon_0 E^2 \sin^2(kz - \omega t)$

- Intensidad de OEM por unidad de área y unidad de tiempo (S=vector Poynting) $S = E \times B / \mu_0 = C \epsilon_0 E^2 \text{Sen}^2(kz-wt) = C \epsilon_0 E_0^2 / 2 = C B_0^2 / 2 \mu_0$
- Intensidad de la OEM=energía entregada por unidad de tiempo y por área
- La existencia de la inducción de campo eléctrico no depende del material de la espira, depende solamente del campo magnético que induce.

2.2.2 Campos electromagnéticos

Son cantidades vectoriales que atribuyen propiedades especiales a los espacios donde operan. El campo electromagnético esta formado por la combinación de los campos eléctricos y magnéticos que se desplazan simultáneamente a la velocidad de la luz y se caracterizan por su frecuencia y su correspondiente longitud de onda:

$$c = f \lambda \quad \text{siendo "C" la velocidad de la luz } 300,000\text{Km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

A su vez los campos electromagnéticos variables en el tiempo, transportan energía y son capaces de inducir campos eléctricos, corrientes y campos magnéticos sobre otros cuerpos y objetos de su entorno.

2.2.3 Campos eléctricos (E)

Es un campo de fuerza generada por la interacción de dos cuerpos cargados en reposo por unidad de carga. Es un campo que origina fuerzas que actúan sobre las cargas eléctricas y a su vez se produce en presencia de cargas eléctricas en reposo.

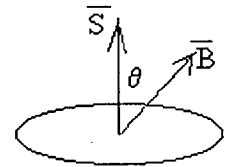
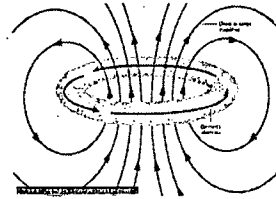
2.2.4 Campo magnético (B)

El campo magnético B es también un campo de fuerzas. A diferencia del campo eléctrico, que aparece con la sola presencia de cargas eléctricas. Para

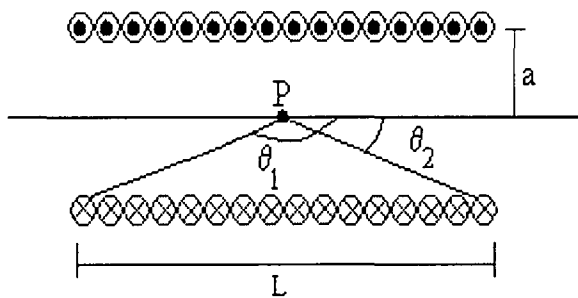
originarse un campo magnético se requiere el movimiento de al menos alguna carga eléctrica. Asimismo el flujo magnético es el producto escalar del vector campo "B" por el vector superficie "S"

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \theta$$



a. Campo Magnético producido por un Solenoide

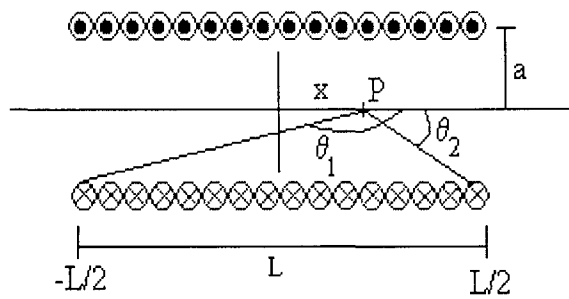


Si el solenoide es muy largo comparado con su radio a y si el punto P está situado en el centro, tendremos que $\theta_1=180^\circ$ y $\theta_2=0$. El campo B vale entonces

$$B = \frac{\mu_0 i N}{L}$$

Para integrar, tenemos que hacer el cambio de variable $a = x \tan \theta$, y teniendo en cuenta que $1 + \tan^2 \theta = 1/\cos^2 \theta$ simplificamos la integral (suponemos campo uniforme)

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2L} \int_{\theta_1}^{\theta_2} -\sin \theta d\theta = \frac{\mu_0 i N}{2L} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$



Representamos ahora, el campo B en el centro del solenoide, en función de la posición x del punto P , situando el origen de coordenadas en el centro del solenoide, tal como se muestra en la figura.

$$\frac{B}{B_0} = \frac{1}{2}(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \quad \cos \theta_2 = \frac{L/2 - x}{\sqrt{(L/2 - x)^2 + a^2}} \quad \cos \theta_1 = \frac{-L/2 - x}{\sqrt{(-L/2 - x)^2 + a^2}}$$

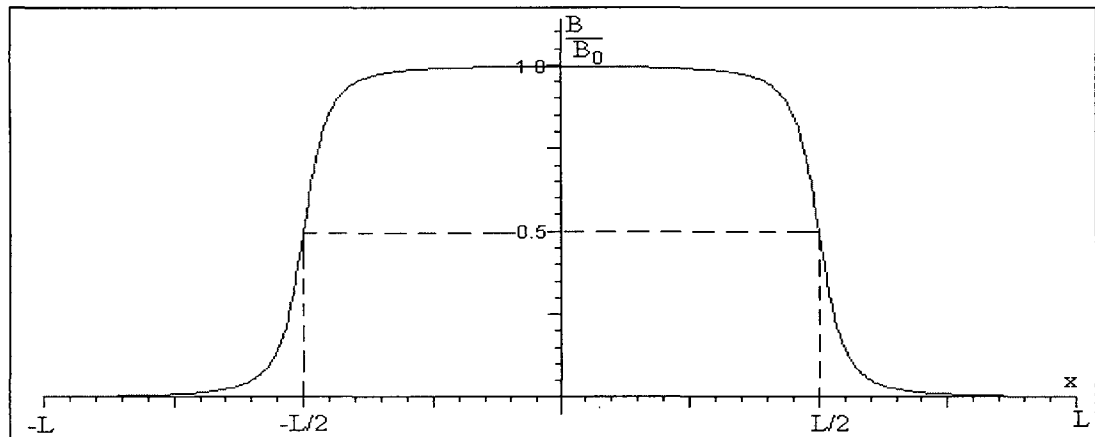


Figura 5. Distribución del campo magnético en el solenoide

El campo magnético es prácticamente uniforme en el interior del solenoide, en los extremos del solenoide se reduce a la mitad del campo magnético en el centro. (HOLLIDAY, 1979).

2.2.5 Diferencias entre un campo eléctrico y campo magnético.

CAMPOS ELÉCTRICOS	CAMPOS MAGNÉTICOS
<p>1.-La fuente de los campos magnéticos es la tensión eléctrica.</p> <p>2.-Su intensidad se mide en voltios por metro (V/m).</p> <p>3.-Puede existir un campo eléctrico incluso cuando no existe flujo de corriente.</p> <p>4.-La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente.</p> <p>5.-La mayoría de los materiales protegen en cierta medida de los campos eléctricos.</p>	<p>1.-La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica.</p> <p>2.-Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). o densidad de flujo (en microteslas (μT) o militeslas (mT)).</p> <p>3.-Los campos magnéticos se originan cuando fluye la corriente eléctrica.</p> <p>4.-La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente.</p> <p>5.-La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.</p>

2.3 Antecedentes experimentales

2.3.1 Metodología en la micropropagación de cafeto con la aplicación de campos electromagnéticos.

Se planteo la siguiente hipótesis: "El campo electromagnético mejora la micro propagación del cafeto". Para comprobar la hipótesis se realizó el cultivo *in vitro* de embriones de cafeto aplicando campo magnético con frecuencias de 8, 15, 30 y 60 Hz, por 10 y 24 horas, durante cuatro semanas observándose la multiplicación de los ápices meristemáticos. Los resultados evidencian que el mayor número de brotes se dio con frecuencia de 60 Hz en 10 horas de exposición, logrando incrementar el coeficiente de multiplicación de la propagación, lo cual proporciona un mayor número de plantas a micropropagar (FERRER, 2006).

2.3.2 Incremento del crecimiento y rendimiento del tomate por tratamientos magnéticos de semillas en época tardía.

Se planteó la siguiente hipótesis: "El tratamiento magnético a la semilla incrementa el rendimiento del tomate". Para la comprobación de la hipótesis se expusieron semillas de tomate a campos magnéticos de 120 mT durante 10 min y 80 mT durante 5 min. Las semillas se sembraron en parcelas experimentales (20,2 m²) y se cultivaron de acuerdo con las prácticas agrícolas normales. Los resultados revelaron que los tratamientos magnéticos incrementaron significativamente el número de frutos por planta (17,9-21,3%), masa promedio de los frutos (22,3-25,5%), rendimiento por planta (47,3-51,7%) y rendimiento por área (48,6-50,8%) comparados con el control. O sea los tratamientos magnéticos mejoraron el crecimiento y rendimiento del tomate cultivado en período tardío (DE SOUZA *et al.*, 2006).

2.3.3 Efectos del campo magnético en material orgánico

Se planteó la hipótesis siguiente: "La aplicación de campos magnéticos a materiales orgánicos si produce efectos". Se trataron semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), utilizando siete tratamientos; que fueron campos magnéticos de 125mT y 250mT y tiempos de exposición de 10, 30 y 60 minutos, y un tratamiento sin exposición como testigo, cada uno de los tratamientos con cuatro repeticiones. La exposición al campo magnético fue a partir de la semilla, cada siete días hasta completar cinco exposiciones en ambos campos magnéticos, en un periodo de 28 días. El experimento obtuvo mejores resultados con el campo magnético de 125 mT y 10 minutos de exposición; generando un aumento de calcio y hierro en la planta, el cual es asociado al incremento de altura y mayor clorofila, optimizando la fotosíntesis en la planta (VÁSQUEZ *et al.*, 2005).

2.3.4 Germinación estimulada con campos magnéticos

El trabajo de investigación planteó la siguiente hipótesis: “El campo magnético estimula la germinación”. El experimento se ejecutó colocando las legumbres en tiras de algodón, pegadas a papel filtro, que fueron ubicadas en el centro de un imán circular el cuál se ubicó en el borde de un vaso con agua. Se utilizaron, dos muestras con imán y uno sin imán de referencia. Al término del experimental (6 días), se concluyó que las legumbres estimuladas por campos magnéticos germinan ántes y crecen más (AGUAYO *et al.*, 2004).



Figura 6. Germinación y crecimiento de plantas en campo magnético

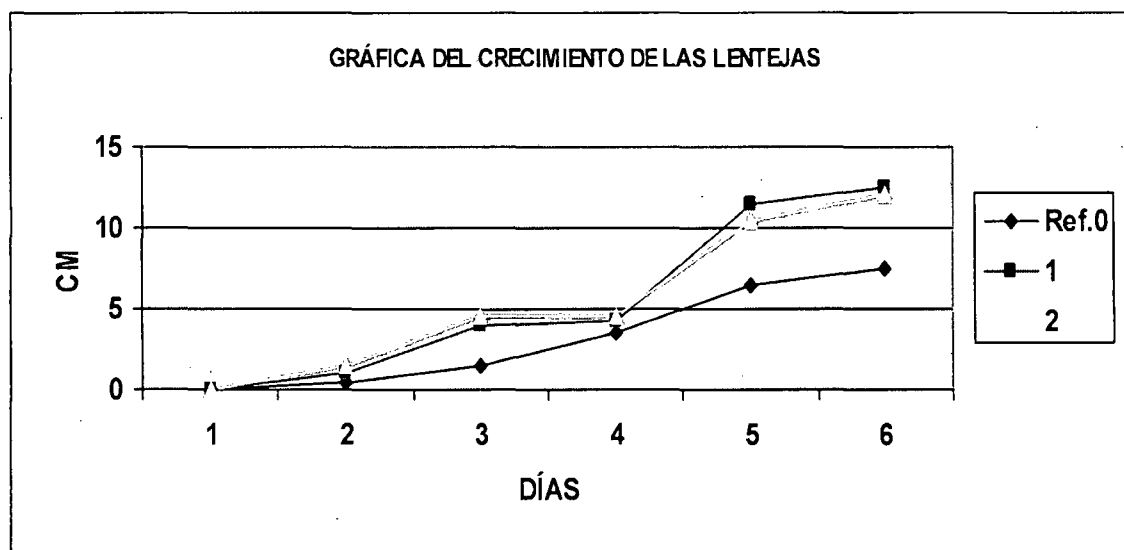


Figura 7. Crecimiento de lentejas en campo magnético

2.3.5 Magnetización del agua

El trabajo planteó la siguiente hipótesis: “Influye la magnetización en sus propiedades del agua”. Para desarrollar el experimento se construyó un circuito de agua con dos espirales en el cuál hemos puesto dos pares de imanes, uno en cada espiral para que al circular el agua ésta se magnetise. Los imanes fueron activados durante 15, 30 ,45, 60 y 120 minutos en 5 fechas diferentes; de este modo, se magnetizó el agua, y se procedió a medir su conductividad y temperatura en cada caso. Los resultados evidencian que existe un incremento de la conductividad; pero no está en función del tiempo de magnetización, asimismo la conductividad del agua en el tiempo vuelve a sus valores iniciales. También existe una dependencia de la conductividad del agua respecto a la temperatura que varía aproximadamente $2\% / ^\circ\text{C}$ (AGUAYO *et al.*, 2004).

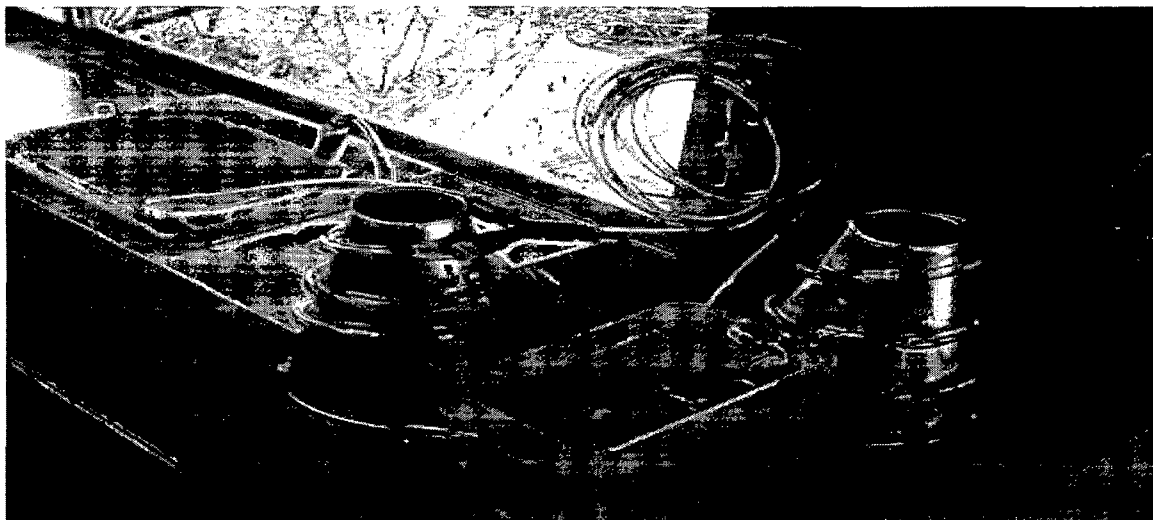


Figura 8. Circuito de magnetización del agua

2.3.6 Efectos del agua magnetizada en crecimiento de plantas

El trabajo planteó la siguiente hipótesis: “Influye el agua magnetizada en el crecimiento de las plantas “. Para comprobar los efectos del agua magnetizada sobre el crecimiento de las plantas se realizó cinco plantaciones; cada plantación con seis maceteros y en cada uno se plantó tres tipos de especies. Los maceteros fueron regados con agua sometida a campos magnéticos de diferentes tiempos (15 min, 30 min, 45 min, 60 min, 120 min). Los resultados evidencian que las plantas regadas con agua magnetizada durante 45 min obtienen mayor crecimiento (AGUAYO *et al.*, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del área experimental

El experimento se desarrolló en el departamento y provincia de San Martín distrito de Tarapoto, en el barrio Partido Alto calle Huayna Capac N° 241 en una vivienda particular, ubicado a 384 m.s.n.m. con coordenadas UTM: 0348308 latitud sur y 9283980 longitud oeste; y clima cálido húmedo, con precipitación media anual de 1000 mm. durante los meses de noviembre y abril acompañado de descargas eléctricas atmosféricas y temperatura promedio de 30 °C.

El experimento se realizó a intemperie en un área de acceso restringido de 42 m²; acondicionado con instalaciones eléctricas en 2 000 voltios, 220 voltios, 32 voltios y 1.5 voltios. La tensión de 220 voltios para la fuente de alimentación, la tensión de 2 000 voltios para la línea de media tensión (tratamiento de campo eléctrico), las tensiones de 32 y 1.5 voltios para los solenoides (tratamiento de campo magnético de 100uT y 5uT). La instalación fue del tipo exterior con conductores de cobre calibre 0.5mm² protegidos por tubos PVC SEL de Ø16mm.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

- Frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*)

Características:

Altura de la planta: 70 cm.

Días a la floración: 50 días

Días a la madurez fisiológica..... : 80 días
 Días a la madurez de cosecha.....: 90 días
 Color del grano..... : blanco cremoso
 Peso del grano.....: 0.14 g.
 N° de granos por vaina.....: 18 granos
 Siembra: Distancia entre hileras..... : 70 cm.
 Distancia entre planta.....: 30 cm
 Semilla por golpe.....: 3 a 4

- Tierra vegetal (100 kg)
- Humos (50 kg)
- Agua de caño

3.2.2. Equipos eléctricos e instrumentos

- Solenoide de sección rectangular de 16 espiras

Especificaciones Técnicas:

Longitud del solenoide : 5000 mm

Ancho del solenoide : 600 mm

Altura del solenoide : 780 mm

N ° Espiras : 16

Corriente en la espira : 1.21 Amperios

Campo Magnético : 5 uT

Frecuencia : 60 Hz

Material de estructura : Tubos PVC de Ø16mm

Material de la Espira : Conductor de cobre esmaltado de 0.5
mm²

- Solenoide de sección rectangular de 100 espiras

Especificaciones técnicas:

Longitud del solenoide	: 5000 mm
Ancho del solenoide	: 600 mm
Altura del solenoide	: 780 mm
N ° Espiras	: 100
Corriente en la espira	: 4.0 Amperios
Campo Magnético	: 100 uT
Frecuencia	: 60 Hz
Material de estructura	: Tubos PVC de Ø16mm
Material de la Espira	: Conductor de cobre esmaltado de 0.5 mm ²

- Transformador de potencia

Especificaciones técnicas:

Potencia	: 300 vatios
Tensión de entrada	: 220 voltios
Tensión de salida	: 2 000 voltios
Frecuencia	: 60Hz
Uso	: Interior
Fase	: Monofásico
Refrigeración	: Aire

- Línea monofásica de media tensión

Especificaciones técnicas:

Tipo	: Aéreo
Tensión	: 2 000 voltios
Frecuencia	: 60 Hz

Distribución : Vertical
Fase : 03 conductores desnudo de Cu de 0.5 mm^2
Separación : 400 mm (entre hilos de fase)
Neutro : 03 conductores desnudo de Cu de 0.5 mm^2
Poste : de madera de 50x50 mm h=1000 mm
Campo eléctrico : 5kV/metro.

- Fuente de poder con tensión variable y estabilizada

Especificaciones técnicas:

Marca : Sistilec
Corriente : Alterna
Potencia : 1500 vatios
Tensión de salida : 220 V, 32V y 1.5 V
Frecuencia : 60Hz.
Instrumento : Voltímetro de 0 a 300V de bobina móvil

- Multitester analógico

Especificaciones Técnicas:

Marca : Sunwa.
Modelo : YX – 360 TR

- Pinza aperimétrica de corriente alterna.

Especificaciones técnicas:

Marca : Amprobe
Tipo : Bobina móvil:
Clase : 0.2
Frecuencia : 60 Hz
Tensión : 220 voltios

Escala : 0 a 5 A de 0 a 30A de 0 a 40A de 0 a 100A

- Gausímetro digital portátil

Especificaciones técnicas:

Marca : BEHA

Escala : 20uT, 200uT, 2000uT

- Balanza analítica de 0 a 10 Kg.

Marca: Atlas

- Termómetro de vidrio de 0 a 100c°

Marca: Atlas

3.2.3. Materiales eléctricos

- Conductor de cobre desnudo esmaltado calibre 0.5 mm²
- Conductor cableado calibre 1.5mm² – TW
- Tomacorriente múltiple con cable NLT calibre 2.5 mm²
- Enchufe de 10 A, 220v 60hz
- Interruptor Termomagnético de 20 A 220v 3.5 Ka
- Cinta Vulcanizada de 20m
- Tubo PVC SEL de Ø16mm
- Resistencia de 5Mh
- Diodo led

3.3. Metodología

3.3.1. Diseño y construcción de línea de media tensión y solenoides

Para el experimento era necesario diseñar y construir dentro del área experimental, la línea de media tensión de 2000 voltios, para generar el campo eléctrico de 5Kv/m y los solenoides de 16 y 100 espiras para generar el campo magnético de 5uT y 100uT.

a. **Línea de media tensión de 2000 voltios.-** La línea de media tensión se construyó en dos planos paralelos verticales de 2500 x 700 mm, con una separación de 400 mm entre planos. La línea de fase y neutro estuvo conformado por 3 conductores de cobre desnudo calibre 0.5 mm²; distribuidos en los planos verticales, la separación entre conductores fue de 350mm y estaban soportados por postes de madera de sección cuadrada de 25 cm² y 1000 mm de altura. Los conductores estaban fijados a los postes mediante armellas de Ø 3 mm x 20 mm.

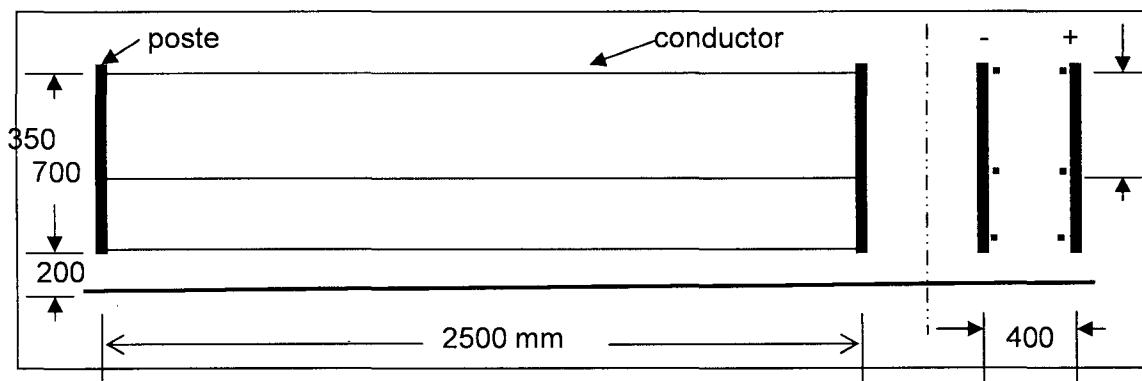
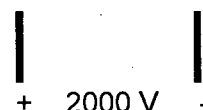


Figura 9. Esquema de la línea de media tensión 2 000voltios

Los conductores con tensión de 2 000 Voltios, generó el campo eléctrico de 5Kv/m. que se aplicó a las muestras en experimentación, durante el ciclo vegetativo

$$E = 2\,000\text{ V} / 0.40\text{m} = 5\,000\text{ V/m} = 5\text{ Kv/m}$$



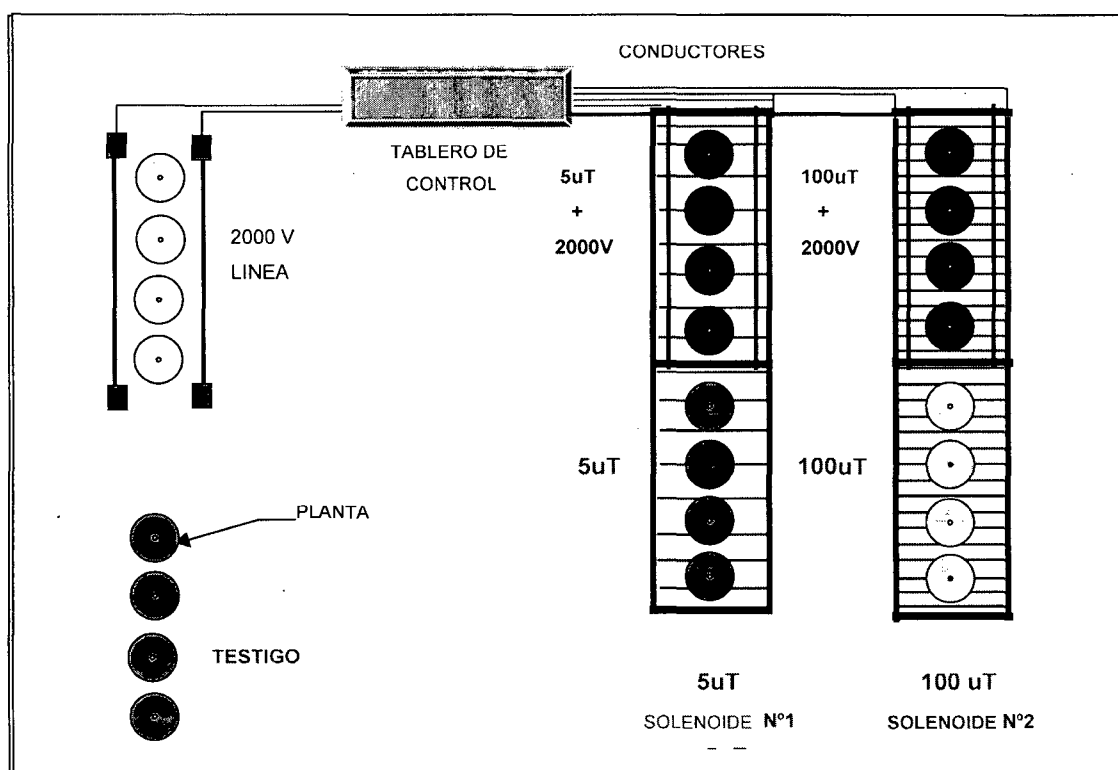
b. Solenoide N° 1 de 16 espiras y 5 uT .- El solenoide de 16 espiras fue construido con conductor de cobre desnudo esmaltado calibre 0.5mm² y estructura de tubos PVC SEL de Ø 16mm, con sección rectangular de 780x600 mm y longitud de 5 metros. La sección y longitud del solenoide fue diseñado para generar campo magnético de cinco microteslas (5uT), teniendo en cuenta el tamaño y la cantidad de muestras a colocar dentro del campo generado. Para generar el campo magnético de cinco microteslas (5uT) se aplicó al solenoide una tensión de 1.5 voltios, el cual dió origen a una corriente de 1.21 amperios que circulaba por las 16 espiras (Figura 32 del anexo).

c. Solenoide N° 2 de 100 espiras y 100 uT.- El solenoide de 100 espiras fue construido con conductor de cobre desnudo esmaltado calibre 0.5mm² y estructura de tubos PVC SEL de Ø16mm, con sección rectangular de 780x600 mm y longitud de 5 metros. La sección y longitud del solenoide fue diseñado para generar campo magnético de 100 microteslas, teniendo en cuenta el tamaño y la cantidad de muestras a colocar dentro del campo generado. Para generar el campo magnético de cien microteslas (100uT) se aplicó al solenoide una tensión de 32 voltios, el cual dió origen a una corriente de 4 amperios que circulaba por las 100 espiras del solenoide (Figura 31 del anexo).

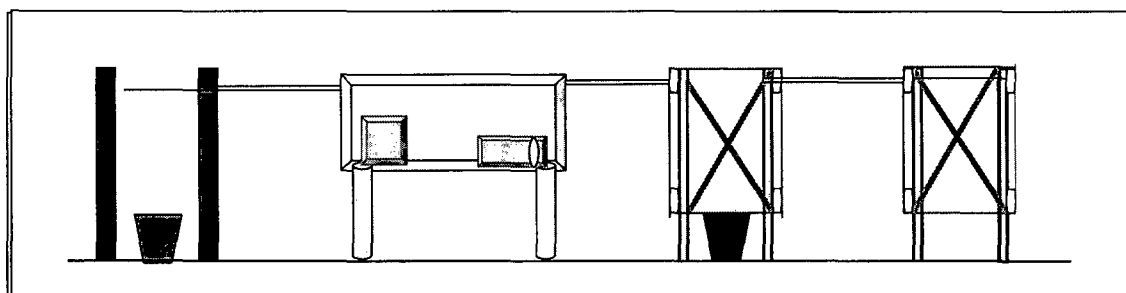
d. Línea de media tensión y solenoide.- Para la generación de campo electromagnético, se combinó el solenoide y la línea de media tensión; ubicando en forma adecuada dentro del solenoide la línea de media tensión (5Kv/m + 5uT y 5Kv/m + 100uT); generando de esta manera campo magnético y campo eléctrico en un mismo espacio (Figura 33 del anexo).

3.3.2. Distribución e instalación de los equipos y elementos utilizados

Culminado la construcción de los equipos diseñados, se procedió a su instalación junto a los demás equipos y elementos eléctricos, teniendo en cuenta la interacción de los campos a fin de evitar resultado incorrecto por la concatenación de los campos aplicado a las muestras.



Vista de planta



Vista de frente

Figura 10. Distribución de los equipos y elementos en el área experimental

3.3.3. Diseño experimental

Los tratamientos fueron aplicados en un diseño completamente al azar DCA en 4 repeticiones.

a. Distribución de los tratamientos

TRATAMIENTO	DESCRIPCION
T1	Campo magnético de cinco microteslas (5uT) generado por el solenoide N°1.
T2	Campo magnético de cien microteslas (100uT) generado por el solenoide N°2.
T3	Campo eléctrico de cinco kilovoltio por metro (5Kv/m) generado por una línea monofásica de media tensión de 2 000 voltios separado 40 cm entre fase.
T4	Campo magnético de cinco microteslas (5uT) generado por un solenoide (N°1), unido a un campo eléctrico de 5Kv/m generado por una línea de 2 000voltios colocada dentro del solenoide en forma perpendicular a sus espiras.
T5	Campo magnético de cien microteslas (100uT) generado por un solenoide (N°2), unido a un campo eléctrico de 5Kv/m generado por una línea de 2 000voltios colocada dentro del solenoide en forma perpendicular a sus espiras
T6	Testigo

b. Esquema del Análisis de Variancia

FV	Gl
TRATAMIENTO	T-1
ERROR	T(r-1)
TOTAL	Tr-1

El modelo aditivo lineal del diseño es:

$$J_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad ; \quad \text{para } i = 1,2,3,4,5,6 \text{ tratamientos} \quad j = 1,2,3,4 \text{ repeticiones}$$

Donde:

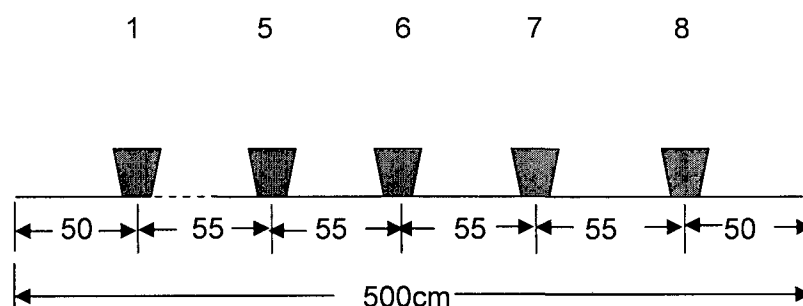
J_{ij} = es la variable respuesta (altura, longitud de vaina, número de grano/vaina, peso de grano y producción por planta) observado en la j -ésimo planta en la que se aplicó el i -ésimo tratamiento.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

μ = es la media poblacional

E_{ij} = error experimental correspondiente a la j -ésimo planta en la que se aplicó el i -ésimo tratamiento.

c. Disposición de las unidades experimentales.- Las muestras que consisten en semillas de frijol caupí colocados en maceteros; fueron distribuidos en línea recta dentro del solenoide y la línea de media tensión. De acuerdo a indicaciones agronómicas estaban separados una distancia de 55 cm, la primera muestra se colocó a 50 cm de borde del solenoide por razones técnicas.



d. Preparación de las unidades experimentales.- Para la elaboración de la unidad experimental se utilizó sustrato y semillas de frijol caupí para 24 maceteros de 6 litros

de volumen; en ella se ubicaron las semillas de frijol caupí para su germinación y crecimiento:

- **Preparación del Sustrato.**-El sustrato se ha preparado mezclando humos y tierra vegetal en porcentajes de 50%, luego se dejó a intemperie durante 72 horas. Se mezcló 50 Kg de humos con 50 Kg de tierra vegetal.



-**Siembra.**-La siembra se realizó en 8 hoyos de 1.5 cm de profundidad, colocando 04 semillas por hoyo en cada macetero. Al término de la siembra se cubrió la semilla con el sustrato y luego se adicionó 02 litros de agua en el macetero, a los seis días de germinación, se eliminaron las plantas de 7 hoyos, quedándose las plántulas más vigorosas del hoyo.

3.3.4. Actividades al inicio del experimento

El experimento se inició con la aplicación de los tratamientos a las muestras ubicadas dentro de los espacios de influencia de ellos. Asimismo se levantó la información de los valores iniciales de las condiciones ambientales, de las variables y tratamientos en aplicación. La toma de datos se realizó cada 03 días durante el ciclo vegetativo, que duró 57 días.

Procedimiento:

Paso N°1. Revisión del estado de operatividad de los equipos y correcta ubicación de las muestras e instrumentos de medida.

Paso N°2. Encendido de los equipos: Fuente de Poder, transformador de potencia y solenoides.

Paso N°3. Medición de los tratamientos utilizando los instrumentos: gausímetro, amperímetro y multímetro:

-Solenóide N°1 : $\Phi_1 = 5 \mu\text{T}$

-Solenóide N°2 : $\Phi_2 = 100 \mu\text{T}$

-Línea media tensión: $E = 2\,000$ voltios.

3.3.5. Actividades en la ejecución del experimento.

Los controles se realizaron cada 03 días a las 08 a.m. verificando el valor de los tratamientos de campo magnético en cada solenoide y campo eléctrico en la línea de media tensión, de igual manera se mantuvo la humedad del sustrato mediante riego a los maceteros con 0.250 litros de agua cada 3 días a las 6 pm. La cosecha se realizó a los 57 días. Las semillas germinaron al tercer día de la siembra en cada uno de los tratamientos, al sexto día se procedió a depurar las plantas dejando solo uno en cada macetero. Durante los primeros 12 días del crecimiento del cultivo en ambos tratamientos fueron iguales, a partir del treceavo día las plantas con tratamiento T3 (campo eléctrico 5KV/m), se volvieron mas frondosas (hojas mas anchas) y el crecimiento se aceleró con respecto a los demás. A los 36 día inició la floración en las plantas con tratamiento T2 (campo magnético 100uT), también a los 36 día el color de las hojas cambiaron al color amarillo iniciando con el tratamiento T2 (campo magnético 100ut) y con menor intensidad en las plantas con tratamiento T3 (campo eléctrico 5 Kv/m) y T6 (testigo); asimismo las plantas con tratamiento T1, T2, T4, T5 se vuelven raquílicas marchitándose las hojas. A los 42 días inicia la caída de hojas en las plantas con tratamiento T2 (campo magnético 100uT) con menor intensidad en las plantas con tratamiento T3 y T6; a los 50 días las plantas quedan al 98% sin hojas y las vainas secan con mayor aceleración; a los 57 día se

realiza la cosecha cuando las vainas y tallos estaban secas y las plantas totalmente sin hojas. En todos los tratamientos existían plantas con vainas que iniciaron su secado antes que desarrolle el grano y muchas de las vainas se desprendieron sin desarrollarse (sin grano) y alguno de ellos con granos muy pequeños y otros como filamentos sin grano.

3.3.6. Indicadores biométricas a evaluar en el cultivo de frijol caupí.

Durante el ciclo vegetativo se registro los siguientes datos:

- Altura de la planta
- Número de hojas de la planta
- Número de vainas

Asimismo también se registro los datos de:

- Siembra el 26 de julio
- Germinación al 3º día
- Floración a los 36 días

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Efecto del campo electromagnético en las características biométricas del cultivo de frijol caupí.

De acuerdo al esquema de diseño estadístico completamente al azar se realizaron los análisis de variancia (ANVA) y comparaciones de las medias según Duncan, estos resultados se muestran en los Cuadros 17 al 32 del anexo. A partir de estos resultados se construyó el Cuadro 4, donde se muestra la significancia a nivel de 1 y 5 % en las variables estudiadas.

Cuadro 4. Resumen del nivel de significancia de las variables

Nº	VARIABLES	SIGNIFICANCIA $\alpha = 5\% , 1\%$
1	ALTURA DE LA PLANTA	Significativo **
2	LONGITUD DE VAINA	Significativo **
3	Nº DE HOJAS	No Significativo
4	Nº DE VAINAS	Significativo **
5	Nº GRANOS / VAINA	No significativo
6	PESO DEL GRANO	Significativo *
7	GRANOS / PLANTA	Significativo *
8	PESO SECO (grano) / PLANTA	Significativo **

** Altamente significativo * significativo

Del Cuadro 4, se desprende que: el efecto de los tratamientos afectan estadísticamente altamente significativa en las variables altura de planta, longitud de vaina, número de vainas y peso seco de granos por planta; significativamente para las variables peso del grano y granos por planta; por último no presentó diferencias

significativas para la variable número de granos por vaina y número de hojas por planta.

La evidencia de los resultados demuestra que los valores de los tratamientos aplicados en forma permanentes y continua durante el cultivo vulneraron los límites permisibles electromagnéticos que soporta las células de la planta, motivo por el cual tanto el efecto del campo eléctrico como el campo magnético repercutieron en las características evaluadas del cultivo, probado y mostradas en el Cuadro 4. El campo eléctrico debe haber producido alteraciones en los niveles de tensiones de la membrana celular, estos cambios pueden haber acelerado o inhibido a las enzimas o proteínas que intervinieron en los procesos bioquímicos (ARCOS *et al.*, 2004), en trabajo "Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos" indica que los campos magnéticos y eléctricos pueden afectar a los receptores de la membrana y alterar el flujo de iones a través de la membrana, asimismo pueden inducir corrientes eléctricas, dando como resultado corrientes en el cuerpo; También SOLÓRZANO DEL RÍO (2009), indica que los campos electromagnéticos a 60 Hz, pueden afectar la velocidad de las reacciones y procesos químicos. Asimismo al presentarse el campo magnético el flujo de nutrientes Na, K, P, N, Mg, S, Fe, Cu, Zn, B, Cl, Mn, etc y la carga iónica se alinearon al campo externo distorsionando el flujo de iones de los dipolos o sea la estructura bioeléctrica de la planta; el efecto fue mayor para los elementos en movimiento, porque también estaban sujetos a fuerzas (ley de Lorentz), a micro voltajes en corto circuito (ley de Faraday), los cuales originan micro corriente eléctricas inducidas variable (ley de Ohm), incremento de temperaturas y presiones internas en la célula; motivando la inhibición o aceleración de las enzimas o proteínas, alteraciones que se ve reflejada en el proceso del ciclo vegetativo de la planta; al respecto la ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS (2004) indica que en los sistemas biológicos existen estructuras magnéticamente influenciadas, como los radicales libres que presentan propiedades

paramagnéticas y debido a su composición electrolítica en presencia de campos magnéticos forman corrientes iónicas; También ARCOS *et al.* (2004), en trabajo “Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos” indica que campos magnéticos de 100 uT , se incrementa la concentración de radicales libre en 1% formando corrientes iónicas; además agrega que los campos magnéticos no tienen restricciones para penetrar en las células debido a su alta permeabilidad, ejerciendo fuerza en iones móviles (ley de Lorentz) y produciendo tensiones (ley de Faraday) y corriente (ley de Ohm) en los tejidos, los cuales pueden alterar el flujo de iones en la membrana.

Las variables número de hojas y número de granos por vaina del cultivo frijol no presentaron diferencias significativas según los resultados del experimento. Este resultado indica que los campos electromagnéticos no tienen influencia en ellas, posiblemente por que las variables mencionadas son controladas por las características genotípicas del cultivo.

Cuadro 5. Resumen medias de Duncan

MEDIAS DE DUNCAN								
TRATAMIENTO	VARIABLES EVALUADAS Y SU ORDEN DE MÉRITO							
	altura (Cm)	Nº hojas	Nº de vainas	longitud de vaina (Cm)	granos / vaina	peso/ grano (Gramos)	Nº granos / planta	Peso seco /planta
T1	30.50 a	47.000 a	10.00 bc	8.9750 a	3.220 ab	0.167 a	30.00 a	4.120 a
T2	34.00 b	48.000 a	7.00 a	10.6825 b	4.520 b	0.200 bc	35.00 ab	7.070 bc
T3	37.25 c	50.250 a	10.75 c	10.5375 b	3.962 ab	0.200 bc	42.00 b	8.367 c
T4	29.25 a	47.250 a	9.00 bc	9.5975 a	3.020 a	0.192 bc	31.00 a	5.970 b
T5	31.00 a	51.000 a	8.50 ab	8.9125 a	3.945 ab	0.212 c	35.00 ab	7.062 bc
T6	34.00 b	51.000 a	12.75 d	9.3925 a	3.025 a	0.180 ab	40.00 b	7.240 bc

Para efectos de la interpretación de los resultados mostrados en el Cuadro 5, los tratamientos que generan impacto positivo; son aquellos que han superado

estadísticamente al testigo, mientras que aquellos que han logrado resultados inferiores al testigo generaron impactos negativos al cultivo indicado.

Así tenemos que en el Cuadro 5 se observa que la aplicación del tratamiento T1, afectó estadísticamente generando impactos negativos en las variables altura de planta, longitud de vaina, número de vainas, peso seco del grano por planta, grano por planta y peso del grano, de igual forma la aplicación del tratamiento T2 también generó impacto negativo en las variables número de vainas, peso seco del grano por planta y granos por planta; el tratamiento T3 en las variables número de vainas; el tratamiento T4 en las variables altura de planta, número de vainas, peso seco del grano por planta y granos por planta; el tratamiento T5 en las variables altura de planta, longitud de vaina, número de vainas, peso seco del grano por planta y granos por planta; Mientras que los que generaron impactos positivos fueron los tratamientos: T3 en las variables altura, longitud de vaina, peso del grano, peso de granos por planta y granos por planta y el tratamiento T2 en las variables altura de planta, longitud de vaina, peso del grano, el tratamiento T4 en las variables longitud de vaina y peso del grano, el tratamiento T5 en la variable peso del grano.

De acuerdo a investigaciones anteriores: "Germinación estimulada con campo magnético", los campos magnéticos tienen impactos positivos en las plantas, cuando son aplicados antes de la siembra, durante la germinación y en los primeros días de crecimiento; según investigación de: "Efectos del campo magnético en material orgánico", el campo magnético tiene influencia en la concentración del calcio el cual incentiva al crecimiento de las células meristemáticas (ápices radicales), encargadas del crecimiento de la planta; asimismo el calcio protege a la membrana celular evitando escape de sustancias intracelulares; también el magnetismo incrementa el

% de hierro el cual ayuda a la formación de la clorofila optimizando la fotosíntesis en las plantas, aumentando la absorción de la luz y mejorando las reacciones químicas en el proceso; en el trabajo "Metodología en la micropropagación de café con la aplicación de campos electromagnéticos", el campo magnético mejora la micropropagación del café, multiplicándose los ápices meristemáticos; del trabajo "Incremento del crecimiento y rendimiento del tomate por tratamientos magnéticos de semillas en época tardía", la aplicación de campo magnético de 80mT a la semilla por un tiempo de 5 minutos, incremento significativamente la producción de tomates. En estos trabajos de investigación que se menciona, la aplicación de los campos magnéticos se realizaron por cortos periodos antes de la floración y todos obtuvieron resultados positivos; asimismo los objetivos eran la búsqueda de metodologías para mejorar la germinación y crecimiento de la planta; ninguno de estos trabajos de investigación aplicaron el tratamiento en todo el ciclo vegetativo; como es el caso de un impacto, lo cual implica someter a la planta a campos electromagnéticos durante su ciclo vegetativo o sea desde la germinación hasta la cosecha.

La alteración del ciclo vegetativo de 90 a 57 días evidencia que los impactos se han producido durante el ciclo de cultivo, puesto que la aplicación del campo eléctrico, magnético y electromagnético, se efectuó en forma continua y permanente durante el ciclo vegetativo. La influencia de los campos durante el ciclo se puede ver en los gráficos 3, 4 y 5; donde se observa un crecimiento uniforme en todos los tratamientos durante los primeros 12 días, luego existe una variación acentuada en las variables hasta la floración que se da a los 36 días, punto de partida de los impactos que generan en el cultivo (marchitándose, hojas amarillas, desprendimiento de hojas y vainas en forma de filamentos). Es probable que la aplicación de campos electromagnéticos a frecuencia de 60 Hz alteraron el proceso

de la fase de floración y llenado de grano (proceso muy sensible), fase donde se efectúa las reacciones para generar los ácidos aminoácidos y azúcares. ARCOS *et al.* (2004), en trabajo "Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos", presenta fórmula que relacionan el campo magnético con la corriente que induce en la membrana celular y las tensiones que se generan en ella en función a la tensión exterior.

$|I|_{\text{pico}}$ = corriente pico E_i = tensión interna E_m = tensión en membrana

$$|I|_{\text{pico}} = \sigma |E|_{\text{pico}} = \sigma \pi R f |B| \quad E_i \approx \epsilon_0 \omega \rho E_0 \quad E_m \approx 1,5 \frac{r}{d} E_i$$

Siendo: "ω" la frecuencia angular, "ρ" la resistividad específica del tejido, "ε₀" la permisividad en el vacío, "E_m" tensión en la membrana celular, "r" radio de la célula (esférica), "d" espesor de la célula, "B₀" campo sinusoidal, "|E|_{pico}" valor pico inducida del campo eléctrico, "E₀" tensión externa aplicado, "E_i" tensión interna en el tejido, "R" radio del circuito, "f" frecuencia, "σ" conductividad eléctrica del medio.

(ε₀ = 8.85 x 10⁻¹² C² / N m² μ₀ = 4π10⁻⁷ Tesla metro/Amp.).

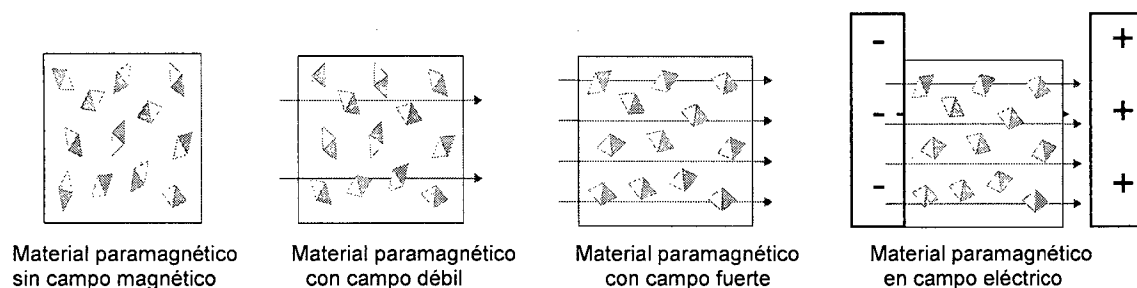


Figura 11. Material paramagnético en presencia de campo magnético y eléctrico

Con la Figura 11 se explica el comportamiento del material paramagnético en presencia de campo magnético y campo eléctrico, lo cual implica que los nutrientes y las cargas iónicas tienden a alinearse con el sentido del flujo. Al respecto, la ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLÓGICOS (2004) indica que los radicales

libres de los sistemas biológicos presentan propiedades paramagnéticas y en presencia de campos magnéticos forman corrientes iónicas; ARCOS *et al.* (2004), en trabajo "Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos", indica que los radicales libre forman corrientes iónicas produciendo corriente en los tejidos, los cuales pueden alterar el flujo de iones en la membrana.

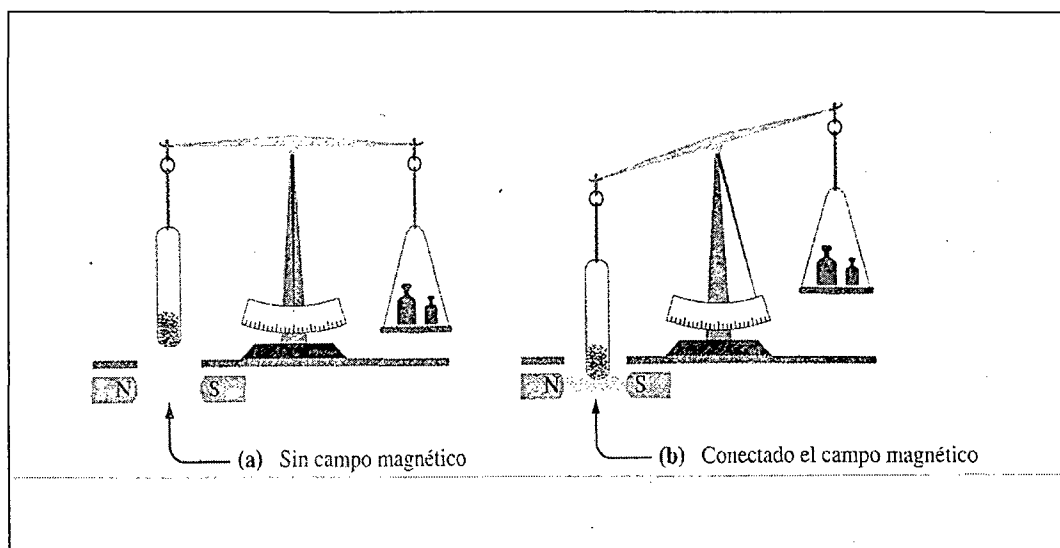


Figura 12. Influencia del campo magnético en materiales paramagnéticos

De igual manera con la Figura 12 nos ayuda a entender el efecto del campo magnético sobre los materiales paramagnéticos, así observamos en la figura 9a cuando no hay campo magnético los materiales paramagnético están en su polaridad natural, en presencia de campo magnético figura 9b, estos materiales son atraídos y alineados con la polaridad del campo externo. Similar acción se produce con los nutrientes que se encuentran en la planta en presencia de campos magnéticos externos.

Los efectos negativos causados por la actividad electromagnética se hacen notorios en la floración y en formación de granos (Figura 4, 5 y 6), que constituyen la última fase del ciclo vegetativo del cultivo; fase donde la planta llega a su máximo

crecimiento y las células meristemáticas disminuyen su multiplicación (mitosis), produciéndose la redistribución de la energía a otros procesos distintos más sensibles. Además; en esta fase la elevación de temperatura debido a las corrientes inducidas es mas sensible a la inhibición de las enzimas y proteínas encargadas de conducir los procesos en cada fase del ciclo vegetativo; SOLÓRZANO DEL RÍO (2009), indica que los campos electromagnéticos a 60 Hz pueden afectar la velocidad de las reacciones y procesos químico disminuyendo la capacidad de producción de proteínas y aminoácidos.

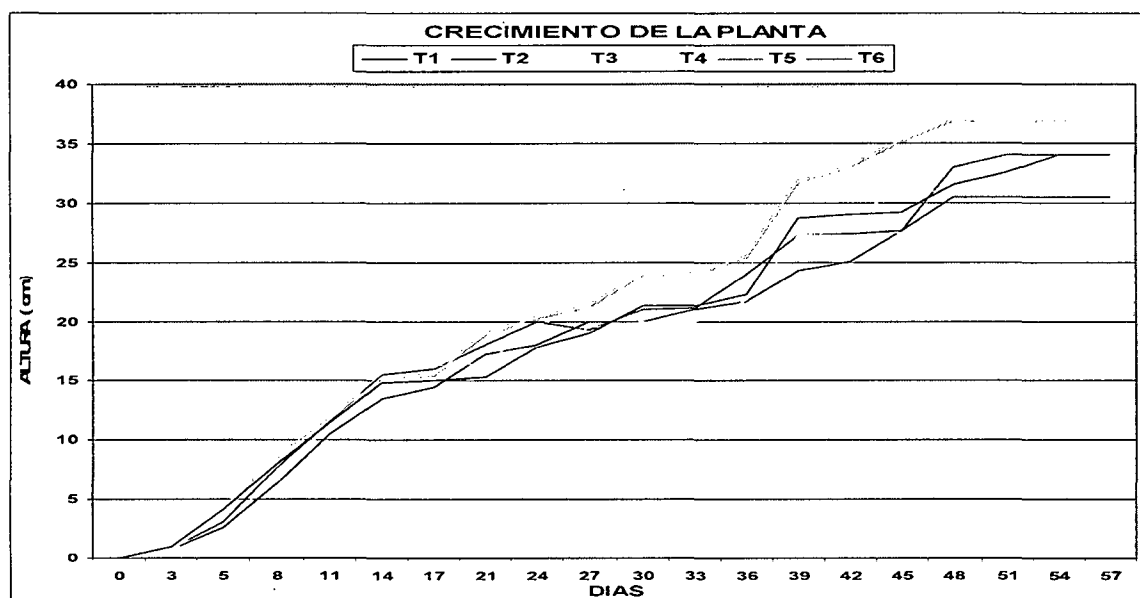


Figura 13. Altura de crecimiento de la planta en 06 tratamientos

En la Figura 13, se puede observar el crecimiento de las plantas en 03 etapas; en la primera etapa de 0 a 12 días no existe diferencias significativas en las alturas, debido que los campos magnéticos están actuando positivamente; en la segunda etapa de 12 a 36 días (floración), se observan diferencias más marcadas entre los tratamientos; pero en la tercera etapa de 36 a 57 días (cosecha); se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos. Es probable que los campos electromagnéticos hayan impactado en esta fase; pero mantuvieron la

misma tendencia en el crecimiento. El tratamiento de campo eléctrico 5Kv/m (T3) siempre mantiene mayor crecimiento en todo el ciclo vegetativo y el tratamiento de campo magnético 5uT (T1) es de menor crecimiento, tendencia que se mantiene en todo el ciclo vegetativo, evidenciando el mayor y menor impacto. Asimismo se observa que el cultivo sometido a campos combinados (eléctricos y magnéticos), siguen la tendencia de los campos magnéticos en cuanto al impacto; pero con mayor intensidad; lo cual evidencia el efecto predominante del campo magnético sobre el eléctrico.

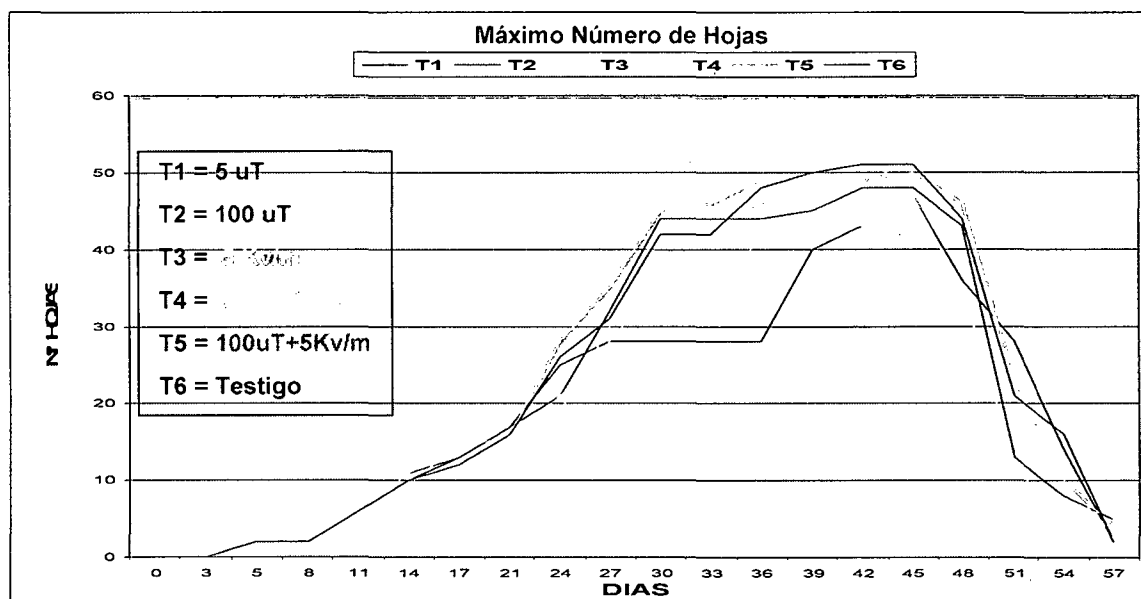


Figura 14. Número de hojas durante ciclo vegetativo en 06 tratamientos

En la Figura 14 muestra la variación del número de hojas en 03 etapas: En la 1º etapa, de 0 a 14 días no existen diferencias significativas en el número de hojas, en la 2º etapa de 14 a 27 días las diferencias son significativas; pero en la 3º etapa de 27 a 45 días las diferencias son muy significativas, se presume que los campos impactaron con mayor intensidad. Del 45 al 57 días se produce desprendimiento de las hojas debido a los efectos de los impactos producidos, quedando la planta sin hojas y solo con vainas secas. También se observa que el cultivo con tratamiento de campo eléctrico 5Kv/m (T3), mantiene el mayor número de hojas en el ciclo

vegetativo, siendo superado por el testigo en la 3ª etapa. El mayor número de hojas se da en el testigo (T6), seguido del campo eléctrico de 5Kv/m (T3) y el menor número en el campo magnético 5uT (T1). Los cultivos sometidos a campos combinados (eléctricos y magnético), siguen la tendencia de los campos magnéticos; pero con mayor intensidad de impacto negativo, al igual que en la variable altura.

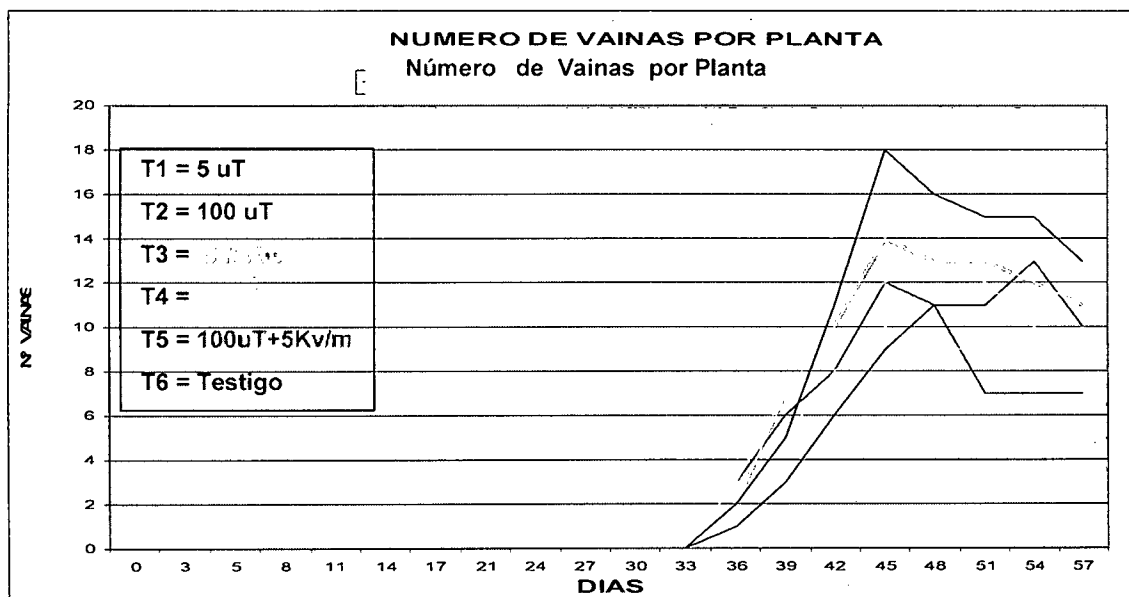


Figura 15. Número de vainas durante ciclo vegetativo en 06 tratamientos

En la Figura 15 muestra la variación del número de vainas en 02 etapas: En la 1ª etapa de 36 a 45 días con diferencias significativas en el número de vainas; en la 2ª etapa de 45 a 57 días una tendencia de disminución del número de vainas debido al desprendimiento por efecto de los campos electromagnéticos. Los cambios bruscos se da a los 45 días, a excepción del testigo que sigue una tendencia homogénea. Estas variaciones erráticas a partir de los 45 días es producto del impacto de los tratamientos que se generan en los procesos bioquímicas. También en esta variable los impactos son mayores en los campos magnéticos. También se observa que el cultivo sometido a campos combinados (eléctricos y magnético), siguen la tendencia de los campos magnéticos en cuanto al impacto; pero con mayor intensidad o sea con mayor impacto negativos.

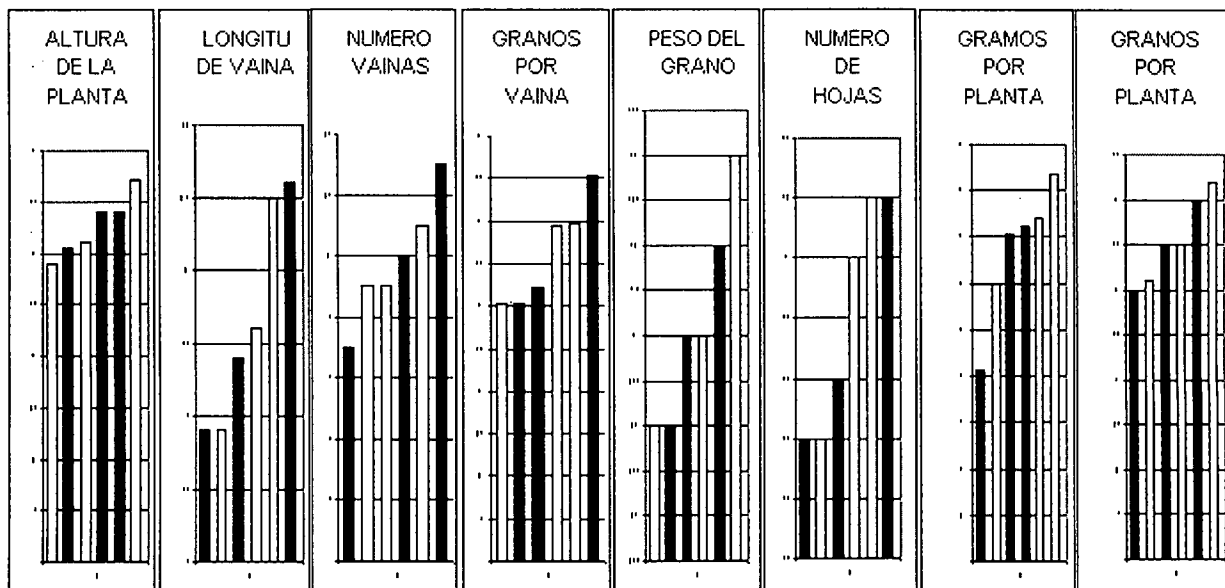


Figura 16. Impacto de los tratamientos de las 8 variables en estudio.

■ Campo magnético 5uT □ Campo electromagnético 5uT + 5Kv/m
 ■ Campo magnético 100uT □ Campo electromagnético 100uT+5Kv/m
 □ Campo eléctrico 5Kv/m ■ Testigo

En la Figura 16 se muestran las variables de la planta al término del cultivo, que van a determinar los efectos que han producido la aplicación de los tratamientos durante el ciclo de cultivo que fue de 57 días.

En la variable altura se observa la diferencia positiva del campo eléctrico 5KV/m (T3) respecto al testigo (T6) y la diferencia negativa del campo electromagnético de 5uT+5Kv/m (T4). También se evidencia que la combinación de campo (T1+T3) y (T2+T3) produce mayor impacto que si actuarían en forma separada. En la variable número de hojas se observa que el campo magnético 5uT (T1) y el campo electromagnético 5uT+5Kv/m (T4), siempre mantienen los mayores impactos negativos; pero en este caso el campo eléctrico ha contribuido a disminuir el impacto en la variable, evidenciándose también en el campo electromagnético 100uT+5Kv/m (T5), lo que no pasó en la variable altura. Es probable que el campo eléctrico haya tenido mayor impacto positiva en la hoja (mayor fotosíntesis). También en la variable número de vainas; se evidencia el mayor impacto negativo de los

campos magnéticos; pero el campo magnético de 5uT impacta menos que el campo de 100uT, la explicación esta en la acumulación de mayor calcio y fierro que haya tenido el cultivo sometido a 100uT, el cual le permitió soportar impactos mas sensibles después de la floración. El impacto en la variable longitud de vaina se observa que los campos magnéticos están en los extremos impactando positiva y negativamente; pero los campos electromagnéticos impactaron inversamente a sus campos magnéticos; en cuanto a los campos magnéticos debe haber pasado el mismo efecto que en la variable N° de vaina; pero en la variable electromagnéticas predominaron los campos eléctricos debido que estos campos no tienen mayor área de cobertura en ellos, manteniendo su efecto positivo independiente. Igual tendencia se da para la variable grano por vaina. En la variable peso del grano el campo magnético de 100uT (T2) impacto positivamente y el campos eléctrico no tuvo mayor participación en esta variable y no afectó a los procesos más sensibles. Las variables granos y gramos por planta, tienen la misma tendencia en el impacto de los tratamiento generando impacto negativo el campo magnético de 5uT e impacto positivo el campo eléctrico 5Kv/m (T3)

4.2. Efecto del límite máximo permisible del campo magnético y campo eléctrico determinado por la ICNIRP en la actividad biológica.

Cuadro 6. Impactos significativos de los tratamientos en las variables

N°	VARIABLES	IMPACTO NEGATIVO(-)		IMPACTO POSITIVO(+)	
		T2 (100uT) ICNIRP	T3 (5Kv/m) ICNIRP	T2 (100uT) ICNIRP	T3 (5Kv/m) ICNIRP
1	ALTURA	X		X	SI
2	LONG. DE VAINA			SI	SI
3	N° DE VAINAS	SI	SI		
4	N°	SI			SI
5	GRANOS/PLANTA			SI	SI
6	PESO DEL GRANO				SI
	GRAMOS/PLANTA	SI			SI

X no tiene efecto en la variable

El Cuadro 6, presenta la valoración de impactos negativos y positivos que generaron los tratamientos en cada uno de las variables, cuando se aplicaron los campos magnéticos y campos eléctricos determinados por la ICNRIP. Diferenciación que fueron obtenidas del análisis de variancia y los cuadros de medias de Duncan. El cuadro 6 muestra los impactos negativos en las variables número de vainas, peso de grano seco por planta y número de granos por planta debido al campo magnético de 100uT; resultado que nos indica que el campo magnético de 100uT recomendado por la ICNRIP, no esta dentro de los límites permisibles del cultivo de frijol caupí. Es importante precisar que según ANVA el impacto del campo magnético de 100uT en la variable número de vaina no es significativo, puesto que es una variable controlada por características genotípicas y no esta al alcance del campo magnético de acuerdo a los resultados del experimento. Asimismo se muestra impactos positivos en las variables altura, longitud de vaina, numero de granos por planta y peso de grano seco por planta debido al campo eléctrico de 5Kv /m lo que implica que el campo eléctrico recomendados sí está dentro de los límites permisibles y tienen efectos positivos.

El impacto positivo del campo eléctrico de 5Kv/m puede atribuirse a la mayor o menor polarización de las microcorrientes eléctricas inducidas en el cultivo desde el inicio de la germinación. Estas microcorriente mantienen la dirección del campo eléctrico y recorren en línea de polo(+) a polo(-); el campo eléctrico aplicado desde la germinación, contribuyó para que el sistema bioeléctrico natural de la planta se oriente de acuerdo a la polaridad del campo, esto permitió que la carga de las microcorrientes inducida por el campo eléctrico se sumara a la energía de la célula dentro de los límites permisibles, contribuyendo en forma positiva a los procesos bioquímicos y bioeléctricos en su ciclo vegetativo. Al respecto, el científico finlandés Selim Lemström entre 1868-84, indica que la rica vegetación en los meses de verano

se debía al incremento de la actividad eléctrica (campo eléctrico) y las plantas alineadas con los campos magnéticos de la Tierra generan formas más vivas y más altas.

4.3. Comparación de la influencia del campo magnético y campo eléctrico en la actividad biológica.

Cuadro 7. Comparación de efecto entre campo eléctrico y magnético

N°	VARIABLES	IMPACTO NEGATIVO (-)			IMPACTO POSITIVO(+)	
		CAMPO MAGNÉTICO	CAMPO ELÉCTRICO		CAMPO MAGNÉTICO	CAMPO ELÉCTRICO
		T1 (5uT)	T2 (100uT)	T3 (5Kv/m)	T2 (100uT)	T3 (5Kv/m)
1	ALTURA	SI	X		X	SI
2	LONG. DE VAINA	SI			SI	SI
3	N° DE VAINAS	SI	SI	SI		
4	N° GRANOS/PLANTA	SI	SI			SI
5	PESO DEL GRANO	SI			SI	SI
6	GRAMOS/PLANTA	SI	SI			SI

X no tiene efecto en la variable

La Figura 16, muestra los resultados de impacto que produce el campo eléctrico 5Kv/m (T3) y los campo magnético de 5 uT y 100T (T1, T2), en ella se aprecia que el campo eléctrico 5Kv/m (T3), genera impacto positivo en todas la variables con excepción de la variable número de vaina; el campo magnético de 5uT (T1) genera impacto negativo en todas las variables y el campo magnético de 100uT (T2) en la variable número de vaina, granos por planta y peso de grano por planta. También se observa que el campo magnético de 5uT (T1) produce mayor impacto negativo que el campo magnético de 100 uT (T2). Los impactos negativos que producen los campos magnéticos de 5 uT y 100 uT tiene la misma causa; pero el campo de 5 uT produce mayor impacto negativo, es probable que el efecto del campo de 100 uT haya sido atenuado por la mayor concentración de algunos

nutrientes (calcio, hierro), acumulado durante los 36 días iniciales del cultivo; estos nutrientes probablemente influenciaron positivamente en el impacto de las otras variables; VÁSQUEZ *et al.* (2005), indica que el campo magnético aumento el calcio y hierro en la planta el cual es asociado al incremento de altura y mayor clorofila. Los efectos positivos del campo eléctrico deben atribuirse a la aplicación que se realizó desde la germinación, permitiendo que el campo eléctrico aplicado se sumara a los niveles de tensión de la célula, contribuyendo a los procesos bioquímicos y bioeléctricos, dentro de su límite permisible. De acuerdo a los impactos que se describe lo campos magnéticos son mas perjudiciales que los campos eléctricos (Figura 7, 8, 9, y 10)

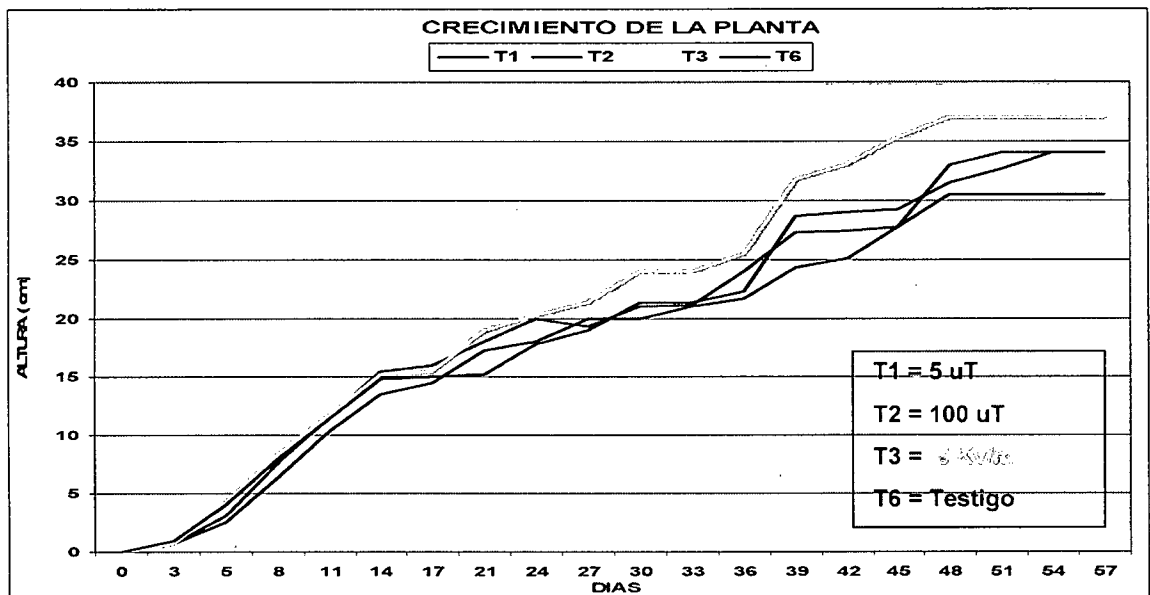


Figura 17. Altura de crecimiento de la planta en 04 tratamientos

En la Figura 17 se observa que el cultivo sometido a tratamiento de campo eléctrico 5Kv/m (T3) siempre mantiene mayor crecimiento en todo el ciclo vegetativo y el cultivo sometido a campo magnético 5uT (T1) es de menor crecimiento, tendencia que se mantiene en todo el ciclo vegetativo, el cual se evidencia en el gráfico.

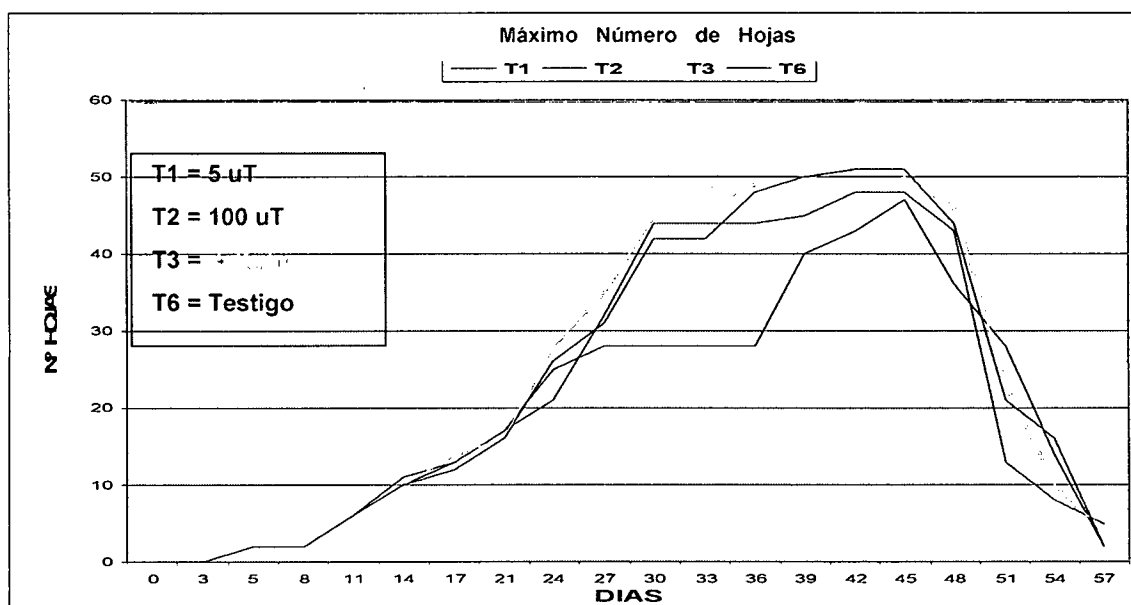


Figura 18. Número de hojas durante ciclo vegetativo en 04 tratamientos

En la Figura 18 se observa que el cultivo con tratamiento de campo eléctrico de 5Kv/m (T3) mantiene el mayor número de hojas en el ciclo vegetativo, siendo superado por el testigo. El menor número de hojas se da con el tratamiento de campo magnético 5uT (T1).

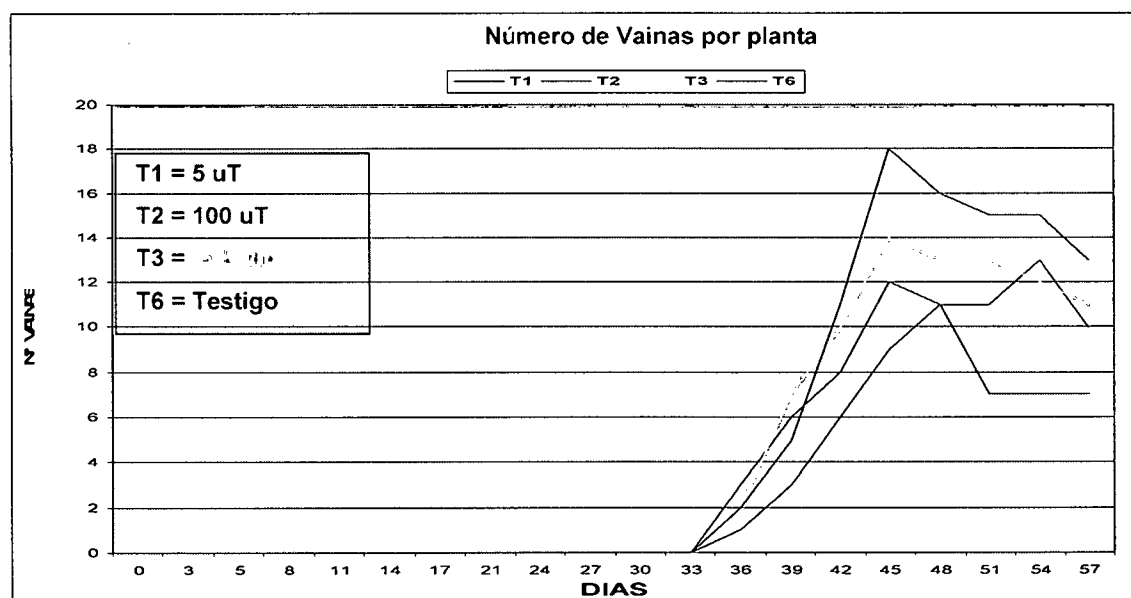


Figura 19. Número de vainas durante el ciclo vegetativo en 04 tratamientos

En la Figura 19, se observa la tendencia de las curvas muy variables con cambios bruscos a los 45 días a excepción del testigo que sigue una tendencia homogénea, estas variaciones erráticas a partir de los 45 días es producto del impacto de los tratamiento que se generan en los procesos bioquímicos. Asimismo se observa que el mayor impacto está en los campos magnéticos de 5uT y 100uT (T1 y T2).

V. CONCLUSIONES

La aplicación continuada de campos electromagnéticos de frecuencia a 60 Hz, afecta la actividad biológica del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*) y es más notorio en la fase de floración y llenado de vainas.

El impacto negativo del campo magnético de 5uT fue en todas las variables significativas; del campo magnético 100uT en las variables número de vainas, número de granos por planta, peso de grano por planta; del campo eléctrico 5Kv/m en la variable número de vainas; del campo electromagnético 5uT+5Kv/m en las variables altura de planta, número de vainas, número de granos por planta y peso de grano por planta; el campo electromagnético 100uT+5Kv/m tiene la misma tendencia que el campo electromagnético 5uT+5Kv/m. Por otro lado los que generaron impacto positivo fueron: el campo eléctrico de 5 Kv/m en las variables altura de planta, longitud de vaina, peso del grano, peso de grano por planta y granos por planta; el campo magnético 100uT en la variable longitud de vaina y peso de grano; el campo electromagnético 5uT+5Kv/m y 100uT+5Kv/m en la variable peso de grano.

El campo magnético 100uT de onda sinusoidal a 60Hz recomendado por la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes ICNIRP, no esta dentro del límite permisible del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*). Mientras que el campo eléctrico de 5 Kv/m, sí esta dentro del límite permisible recomendado.

El campo magnético genera mayor impacto negativo que el campo eléctrico a frecuencia de 60 Hz en la planta frijol caupí (*Vigna unguiculata LW*)

VI. RECOMENDACIONES

Continuar las investigaciones de impactos electromagnéticos usando diferentes rangos y nuevos elementos biológicos en condiciones naturales durante su ciclo de vida, que permitan identificar plenamente los límites permisibles.

Desarrollar masiva educación ambiental referente a la contaminación electromagnética, para poner en alerta de las enfermedades que viene causando y que están siendo atribuidos a causas que no corresponden, alterando los patrones de vida de la población.

Comunicar a las instituciones rectoras del ambiente para que regulen los límites permisibles que no afecta a la actividad biológica.

Realizar estudios sobre efectos de campos magnéticos, sobre todo como consecuencia de las instalaciones eléctricas subterráneas, a fin de mitigar sus efectos negativos al ambiente.

VII. ABSTRACT

The present, research work, was developed in Tarapoto City, with the purpose of determine the influence of electromagnetic field of sinusoidal wave at a frequency of 60 Hz on the growth of the cultivation bean caupí (*Vigna unguiculata LW*). With this goal the experiment was developed through 06 treatments that were: The magnetic field's application of 5ut (T1) and 100uT (T2), electric field of 5 Kv/m (T3) and electromagnetic field of 5 uT+5Kv/m (T4) and 100uT+5Kv/m (T5) and a witness (T6); all of these treatments were present in a nonstop way during the experiment's execution. These treatments were disposed in an experimental design completely at random in 4 repetitions. As cultivation indicator was sowed the bean caupí (*Vigna unguicultata LW*) in 6 liter capability plastic flowerpots.

This way, we found that the continued application of electromagnetic fields with frequency at 60 H, affects the biological activity of the bean caupí (*Vigna unguiculata LW*) cultivation and being it more notorious in the flowering and filling phase of sheaths; also the electric field of 100uT of sinusoidal wave at 60 Hz recommended by the International Commission for Non Ionizing Radiation Protection (CNIRP), is not between the permissible limits for the cultivation of bean caupí. Likewise found that the electric field of 5 Kv/m is inside the permissible limits and the magnetic field generates bigger negative impact than the electric field with frequency at 60 Hz.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAYO, A.; CARRASCO, J.; DIAZ, A.; MARTÍN, C.; PÉREZ, A. G. 2004. Experimento con agua, imanes y plantas, realizado el 26 Ene. 2004 en el Ayuntamiento Prat de Llobregat, Barcelona Injuve.
- FERRER DUBOIS, A. E. 2006. Metodología en la micropropagación de cafeto con la aplicación de campos electromagnéticos. [En línea]: ALBYS., (albys@cnea.uo.edu.cu, 04 Ene. 2007).
- ARCOS OVIEDO YANET E.; CLAUDIA P. CARDONA VARGAS; GERMAN MORENO, 2004. Interacción de los campos electromagnéticos con los sistemas biológicos,[En línea]: GENBIOL, (<http://genbiol.cbs.umn.edu/Multimedia/examples.html>, 05 Agos. 2007).
- ASOCIACIÓN DE ESTUDIOS GEOBIOLOGICOS, 2000. [En línea]: GEA, (<http://www.gea-es.org>, 04 Mar. 2007).
- DE SOUZA, D.; GARCÍA, L.; SUEIRO, L. ;LICEA AND E. PORRAS, 2006. Incremento del crecimiento y rendimiento del tomate por tratamientos magnéticos de semillas en época tardía, Agricultural Research Institute "Jorge Dimitrov". Apdo. 33. Bayamo. 85100 Granma. Cuba, [En línea]: UNIVERSIA, (http://www.biblioteca.universia.net/ir.a_recurso.do, 20 Nov. 2007).
- CASTAÑO LARA, J.M.; GOMEZ ROS, A.; REAL GALLEGO, 1997. Campos electromagnéticos generado por las redes eléctricas de alta tensión [En línea]: REE., (<http://www.ree.es>, 22 Agos. 2007).
- FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. 1998. Los campos electromagnéticos Universidad Autónoma de Nuevo León (México)[En línea]: JHEREDIA, (Jheredia59@att.net.mex, 06 Ene. 2007).
- HOLLIDAY, 1970. Campos electromagnéticos libro de física tomo II segunda edición reimpresión 1970.
- ICNIRP. 1998. Guía para prevenir efectos de campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz. COMISIÓN INTERNACIONAL PARA PROTECCIÓN CONTRA RADIACIONES NO IONIZANTES.
- JUUTILAINEN J. y S. LANG, 2003. Efectos genéticos de los campos electromagnético, 2003 [En línea]: ONDAS, (<http://www.ondas y salud.com>, 8 Jul. 2007).

- REE. 2003. LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ESPAÑA. [En línea]: REE, (<http://www.ree.es>, 10 Jul. 2007)
- MONTENEGRO, RAÚL A., 2004. [En línea]: MONTENEGRO, (montenegro@funam.org.ar, 10 Jul. 2008).
- SOLÓRZANO DEL RÍO, 2009. [En línea]: CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNETICAS, www.contaminacionelectromagnetica.org/efectos.htm, 16 de Ene. 2009.
- VALEGA, ORLANDO, 1994. Energías telúricas, [En línea]: APÍCOLA, (apicoladonguillermo@yahoo.com.ar, 04 Set 2007).
- VÁSQUEZ O. V.; GÓMEZ H. M.; SEGURA G. B.; ROSALES –RIVERA A., 2005. Efectos del campo magnético en material orgánico, laboratorio de magnetismo y materiales avanzados, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Publicado 04 Oct. 2006 en revista Colombiana de física vol. 38, N°3, 2006.

IX. ANEXO O APÉNDICE

9.1. Resumen de datos de las variables tomado durante el ciclo vegetativo

Cuadro 8. Datos del comportamiento de variables del ciclo vegetativo de la planta

DATOS TOMADOS DURANTE EL CICLO VEGETATIVO DE LA PLANTA (promedios/tratamiento)																				
CORDENADAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL AÑO 2008															TEMPERATURA			ALTURA		
UTM :: 0348308 latitud Sur										hsnm : 364m					30 Cº			360 msnm		
9283980 longitud Oeste																				
Nº	FECHA	DIAS	ALTURA (Cm)						Nº HOJAS (UND)						Nº VAINAS (UND)					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	26/7/08	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	29/7/08	3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	31/7/08	5	2.6	3.1	4.3	2.9	3.9	4.1	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-
4	03/8/08	8	6.4	7.7	8.4	6.9	8.6	8.0	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-
5	06/8/08	11	10.5	11.6	11.8	11.3	12.1	11.5	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-
6	12/8/08	14	13.5	15.5	15.3	15.0	15.6	14.8	10	11	10	10	11	10	-	-	-	-	-	-
7	15/8/08	17	14.5	16.0	15.5	15.0	16.3	15.0	13	13	14	14	14	12	-	-	-	-	-	-
8	18/8/08	21	17.3	18.0	19.0	15.3	16.5	15.3	17	17	16	16	16	16	-	-	-	-	-	-
9	21/8/08	24	18.0	20.0	20.3	17.5	19.8	17.8	25	21	28	21	19	26	-	-	-	-	-	-
10	24/8/08	27	20.0	19.3	21.3	19.5	20.8	19.0	28	32	35	28	30	31	-	-	-	-	-	-
11	27/8/08	30	20.0	21.0	24.0	20.0	21.3	21.3	28	44	45	36	43	42	-	-	-	-	-	-
12	30/8/08	33	21.0	21.1	24.0	20.0	21.3	21.3	28	44	46	36	43	42	-	-	-	-	-	-
13	02/9/08	36	21.7	24.0	25.5	21.8	24.5	22.3	28	44	49	41	46	48	1	3	2	3	2	2
14	05/9/08	39	24.3	27.3	31.8	27.3	28.5	28.7	40	45	49	43	49	53	3	6	7	7	5	5
15	08/9/08	42	25.1	27.4	33.1	27.3	29.1	29.0	43	48	49	43	49	51	6	8	10	10	8	11
16	11/9/08	45	27.7	27.7	35.3	27.5	30.8	29.2	47	48	50	47	51	51	9	12	14	12	10	18
17	14/9/08	48	30.5	33.0	37.0	28.8	31.0	31.5	36	43	46	35	44	44	11	11	13	13	9	16
18	17/9/08	51	30.5	34.0	37.0	29.0	31.0	32.6	28	13	23	12	23	21	11	7	13	12	9	15
19	20/9/08	54	30.5	34.0	37.0	29.0	31.0	34.0	14	8	10	4	10	16	13	7	12	10	9	15
20	23/9/08	57	30.5	34.0	37.0	29.0	31.0	34.0	2	5	4	5	3	2	10	7	11	9	9	13
21	24/9/08		COSECHA																	

9.2. Cuadros de resumen de datos de las muestras por variable en cada tratamiento

Esquema de Diseño:

MUESTRAS	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
				5 μ T	100 μ T	Testigo
REPETICIONES (R)	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	+	+	
				5Kv/m	5Kv/m	
R1	J11	J21	J31	J31	J51	J61
R2	J12	J22	J32	J32	J52	J62
R3	J13	J23	J33	J33	J53	J63
R4	J14	J24	J34	J34	J54	J64

Cuadro 09. Altura máxima de las plantas en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	ALTURA DE LA PLANTA (Cm)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
				5 μ T	100 μ T	Testigo
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	+	+	
				5Kv/m	5Kv/m	
Planta N°1	29.0	34.0	38.0	28.0	32.0	30.0
Planta N°2	29.0	33.0	37.0	28.0	32.0	34.0
Planta N°3	32.0	35.0	37.0	30.0	30.0	38.0
Planta N°4	32.0	34.0	37.0	31.0	30.0	34.0
Promedio	30.5	34.0	37.0	29.0	31.0	34.0

Cuadro 10. Número máximo de hojas por planta en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	NUMERO DE HOJAS POR PLANTA					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
				5 μ T	100 μ T	Testigo
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	+	+	
				5Kv/m	5Kv/m	
Planta N°1	51	42	48	54	57	51
Planta N°2	49	51	54	45	57	54
Planta N°3	41	51	54	42	45	48
Planta N°4	47	48	45	48	45	51
Promedio	47	48	50	47	51	51

Cuadro 11. Número máximo de vainas por planta en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	NUMERO DE VAINA POR PLANTA					
	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	5 μ T + 5Kv/m	100 μ T + 5Kv/m	Testigo
Planta N°1	9	6	11	8	10	15
Planta N°2	9	7	11	11	8	12
Planta N°3	11	8	11	9	8	11
Planta N°4	11	7	10	8	8	13
Promedio	10	7	11	9	9	13

Cuadro 12. Longitud promedio de vaina por planta en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	LONGITUD DE VAINA					
	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	5 μ T + 5Kv/m	100 μ T + 5Kv/m	Testigo
Planta N°1	7.77	10.66	10.45	10.00	7.90	8.57
Planta N°2	9.25	10.57	11.00	9.00	9.50	10.50
Planta N°3	9.54	10.75	9.9	9.77	9.25	9.19
Planta N°4	9.34	10.75	10.8	9.62	9.00	9.31
Promedio	8.97	10.68	10.53	9.60	8.91	9.40

Cuadro 13. Promedio de grano por vaina en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	GRANOS POR VAINA					
	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	5 μ T + 5Kv/m	100 μ T + 5Kv/m	Testigo
Planta N°1	3.88	5.16	4.09	2.50	1.41	2.50
Planta N°2	2.98	4.57	3.63	3.58	5.00	3.58
Planta N°3	3.11	4.27	3.63	3.00	3.75	3.00
Planta N°4	2.91	4.08	4.50	3.00	5.62	3.02
Promedio	3.22	4.53	3.96	3.02	3.94	3.02

Cuadro 14. Peso promedio del grano por planta en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	PESO DEL GRANO (gramos)					
	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	5 μ T +	100 μ T +	Testigo
				5Kv/m	5Kv/m	
Planta N°1	0.17	0.21	0.21	0.18	0.20	0.17
Planta N°2	0.16	0.19	0.19	0.19	0.26	0.18
Planta N°3	0.17	0.20	0.19	0.20	0.21	0.19
Planta N°4	0.17	0.20	0.21	0.20	0.18	0.18
Promedio	0.17	0.20	0.20	0.19	0.21	0.18

Cuadro 15. Número de granos por planta en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	PRODUCCION DE GRANOS POR PLANTA					
	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	5 μ T +	100 μ T +	Testigo
				5Kv/m	5Kv/m	
Planta N°1	32	31	40	32	39	44
Planta N°2	36	42	42	34	29	32
Planta N°3	22	31	44	24	30	44
Planta N°4	30	36	42	34	42	40
Promedio	30	35	42	31	35	40

Cuadro 16. Peso de granos por planta en cada tratamiento

MUESTRAS (Plantas)	PRODUCCION DE GRAMOS POR PLANTA					
	TRATAMIENTO (T)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	5 μ T	100 μ T	5 Kv/m	5 μ T +	100 μ T +	Testigo
				5Kv/m	5Kv/m	
Planta N°1	5.50	6.67	8.97	5.71	7.78	7.25
Planta N°2	3.01	8.10	7.90	6.68	6.37	5.87
Planta N°3	3.80	6.46	8.36	4.45	6.37	8.61
Planta N°4	4.17	7.05	8.24	7.04	7.73	7.23
Promedio	4.12	7.07	8.37	5.97	7.42	7.24

9.3. Cuadros de ANVA y medias por variable

Cuadro 17. ANVA Altura máxima de las Plantas (57 días)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	174.833	5	34.967	11.549	.000 **
Error	54.500	18	3.028		
Total	229.333	23			

R cuadrado = 76.23%

Cuadro 18. Duncan Altura máxima de la Planta

Tratamientos	Descripción	Duncan		
		1	2	3
4	5 μ T + 5Kv/m	29.25 a		
1	5 μ T	30.50 a		
5	100 μ T+5Kv/m	31.00 a		
2	100 μ T		34.00 b	
6	Testigo		34.00 b	
3	5Kv/m			37.25 c
Significación		0.194	1.000	1.000

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 19. ANVA Número de Hojas por planta

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Trats	70.333	5	14.067	.615	.690
Error	411.500	18	22.861		
Total	481.833	23			

R cuadrado = 14.6%

Cuadro 20. Duncan: Número de Hojas por planta

Tratamientos	Descripción	Subconjunto 1
1	5 μ T	47.0000 a
4	5 μ T + 5Kv/m	47.2500 a
2	100 μ T	48.0000 a
3	5Kv/m	50.2500 a
5	100 μ T + 5Kv/m	51.0000 a
6	Testigo	51.0000 a
Significación		.306

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 21. ANVA para el número de vainas por planta

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Trats	78.833	5	15.767	11.584	.000**
Error	24.500	18	1.361		
Total	103.333	23			

R cuadrado = 76.3%

Cuadro 22. Duncan: Número de vainas por planta

Tratamientos	Descripción	Subconjunto			
		1	2	3	4
2	100 μ T	7.00 a			
5	100 μ T+5Kv/m	8.50 a	8.50 b		
4	5 μ T+5Kv/m		9.00 b	9.00 c	
1	5 μ T		10.00 b	10.00 c	
3	5Kv/m			10.75 c	
6	Testigo				12.75 d
Significación		0.086	0.101	0.058	1.000

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 23. ANVA promedio de Longitud de vaina por planta

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Trats	11.663	5	2.333	6.275	0.002
Error	6.691	18	0.372		
Total	18.354	23			

R cuadrado = 63.5%

Cuadro 24. Duncan: Longitud de vaina por planta

Tratamientos	Descripción	Subconjunto	
		1	2
5	100 μ T+5Kv/m	8.9125 a	
1	5 μ T	8.9750 a	
6	Testigo	9.3925 a	
4	5 μ T+5Kv/m	9.5975 a	
3	5Kv/m		10.5375 b
2	100 μ T		10.6825 b
Significación		0.161	0.741

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 25. ANVA número de granos por vaina

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Trats	7.627	5	1.525	2.057	0.119
Error	13.348	18	0.742		
Total	20.975	23			

R cuadrado = 36.4%

Cuadro 26. Duncan: Número de granos por vainas

Tratamientos	Descripción	Subconjunto	
		1	2
4	5 μ T+5Kv/m	3.020 a	
6	Testigo	3.025 a	
1	5Ut	3.220 a	3.220 b
5	100 μ T+5Kv/m	3.945 a	3.945 b
3	5Kv/m	3.962 a	3.962 b
2	100 μ T		4.520 b
Significación		0.180	0.064

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 27. ANVA Peso del grano

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática a	F	Significación
Trats	5.171E-03	5	1.034E-03	4.025	.013
Error	4.625E-03	18	2.569E-04		
Total	9.796E-03	23			

R cuadrado = 52.8%

Cuadro 28. Duncan: Peso del grano

Tratamientos	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
1	5 μ T	0.167 a		
6	Testigo	0.180 a	0.180 b	
4	5 μ T+5Kv/m		0.192 b	0.192 c
2	100uT		0.200 b	0.200 c
3	5Kv/m		0.200 b	0.200 c
5	100 μ T +5Km/m			0.212 c
Significación		0.285	0.121	0.121

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 29. ANVA Número de granos por planta

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Trats	454.000	5	90.800	3.377	0.025
Error	484.000	18	26.889		
Total	938.000	23			

R cuadrado = 48.4%

Cuadro 30. Duncan: Número de granos por planta

Tratamientos	Descripción	Subconjunto	
		1	2
1	5uT	30.00 a	
4	5uT + 5Kv/m	31.00 a	
2	100uT	35.00 a	35.00 b
5	100ut + 5Kv/m	35.00 a	35.00 b
6	Testigo		40.00 b
3	5Kv/m		42.00 b
Significación		0.226	0.095

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Cuadro 31. ANVA peso de granos por planta

Fuente	Suma de cuadrados tipo IV	Gl	Media cuadrática	F	Significación
Trats	42.028	5	8.406	9.998	0.000
Error	15.133	18	0.841		
Total	57.161	23			

R cuadrado = 73.5%

Cuadro 32. Duncan: Peso de granos por planta

Tratamientos	Descripción	Subconjunto		
		1	2	3
1	5uT	4.120 a		
4	5uT + 5Kv/m		5.970 b	
5	100uT +5Kv/m		7.062 b	7.062 c
2	100ut		7.070 b	7.070 c
6	Testigo		7.240 b	7.240 c
3	5Kv/m			8.367 c
Significación		1.000	0.087	0.079

Medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

9.4. Gráficos del experimento del cultivo de frejol cupí

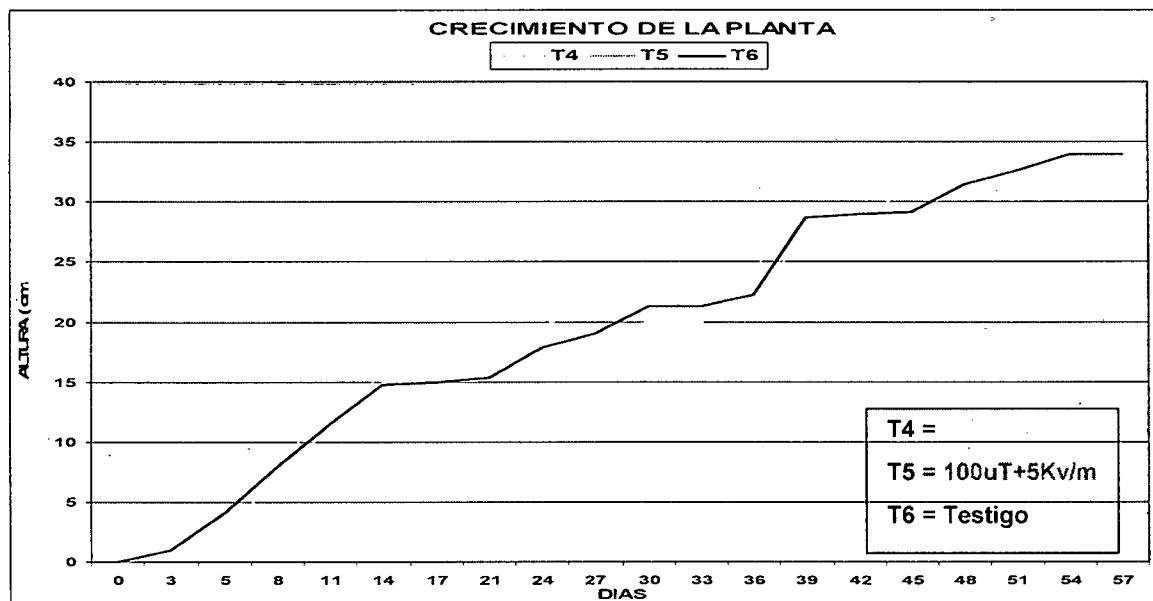


Figura 20. Altura de crecimiento de las plantas en 03 tratamientos

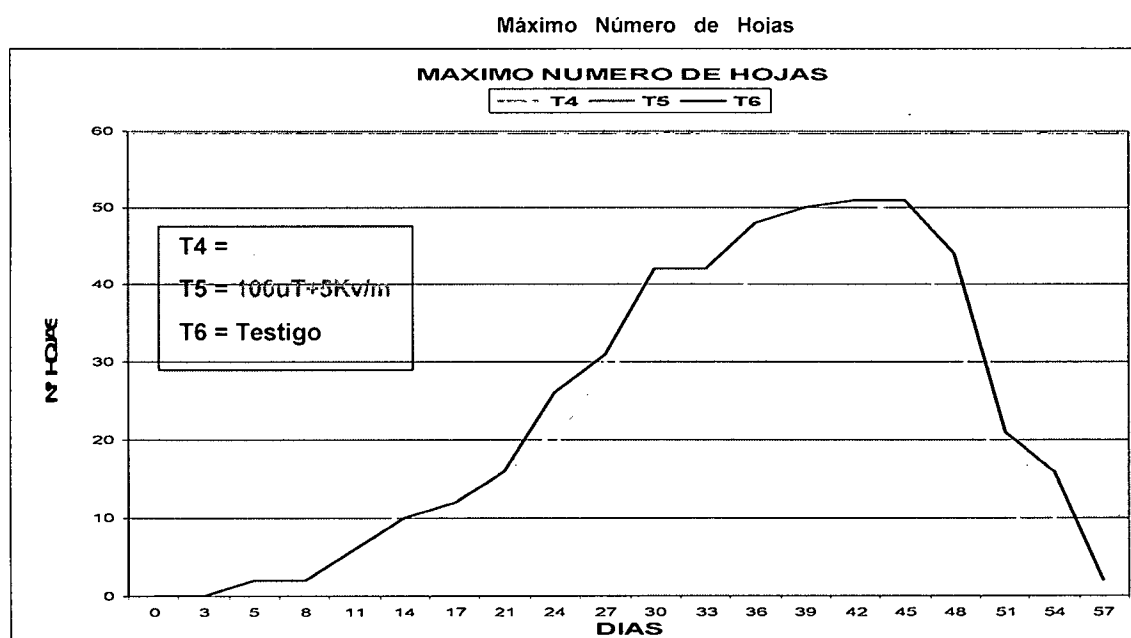


Figura 21. Hojas durante ciclo vegetativo en 03 tratamientos

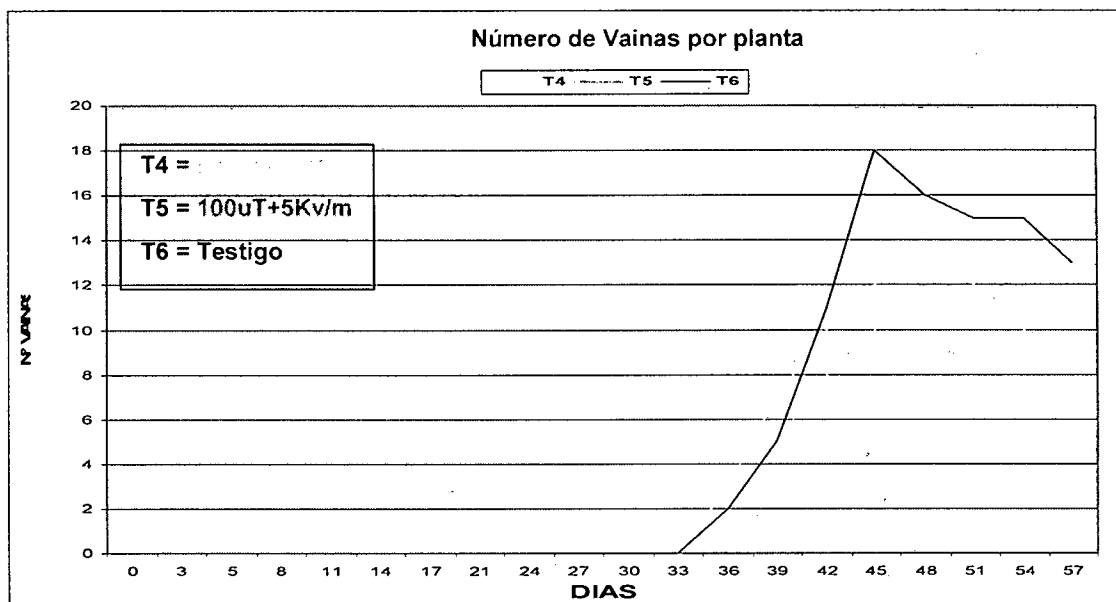


Figura 22. Vainas en 03 tratamientos

Cuadro 33. Valor promedio de las variables en cada tratamiento

PROMEDIO DE VARIABLES DE LAS MUESTRAS POR TRATAMIENTO								
Nº	VARIABLES	UND	TRATAMIENTO					
			T1 5µT	T2 100µT	T3 5 Kv/m	T4 5µT + 5Kv/m	T5 100µT + 5Kv/m	T6 Testigo
1	ALTURA (Cm.)	Cm	30.5	34.0	37.0	29.0	31.0	34.0
2	Nº DE HOJAS	UND	47	48	50	47	51	51
3	Nº DE VAINAS	UND	10	7	11	9	9	13
4	LONGITUD DE VAINA	Cm	8.90	10.6	10.5	9.60	8.90	9.40
5	PESODE GRANO	Gramo	0.17	0.20	0.20	0.19	0.21	0.18
6	Nº DE GRANO / VAINA	Grano/V	3.22	4.53	3.96	3.02	3.94	3.02
7	PESODEGRANOS/PLANTA	Gramos	4.12	7.07	8.37	5.97	7.42	7.24
8	GRANOS /PLANTA	Grano	30	35	42	31	35	40

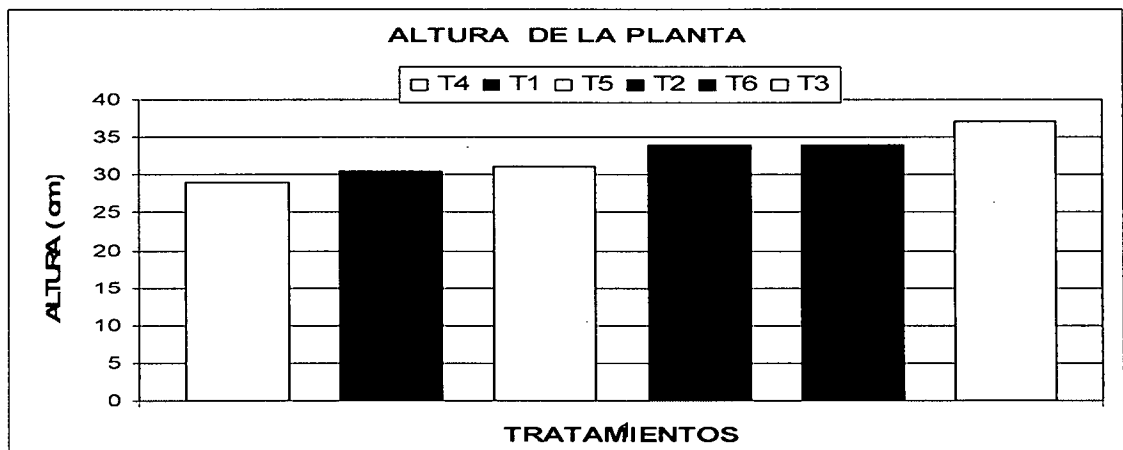


Figura 23. Altura promedio de las plantas en cada tratamiento

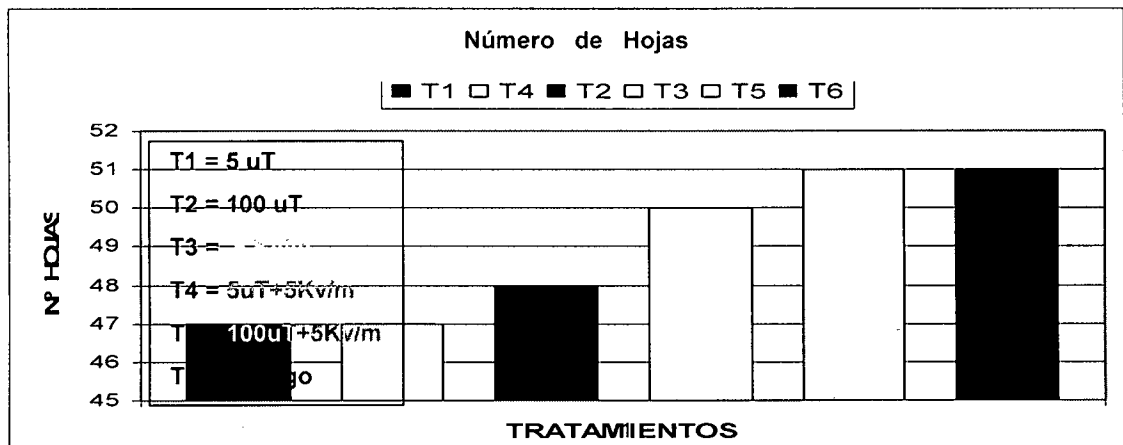


Figura 24. Número promedio de hojas de las plantas en cada tratamiento

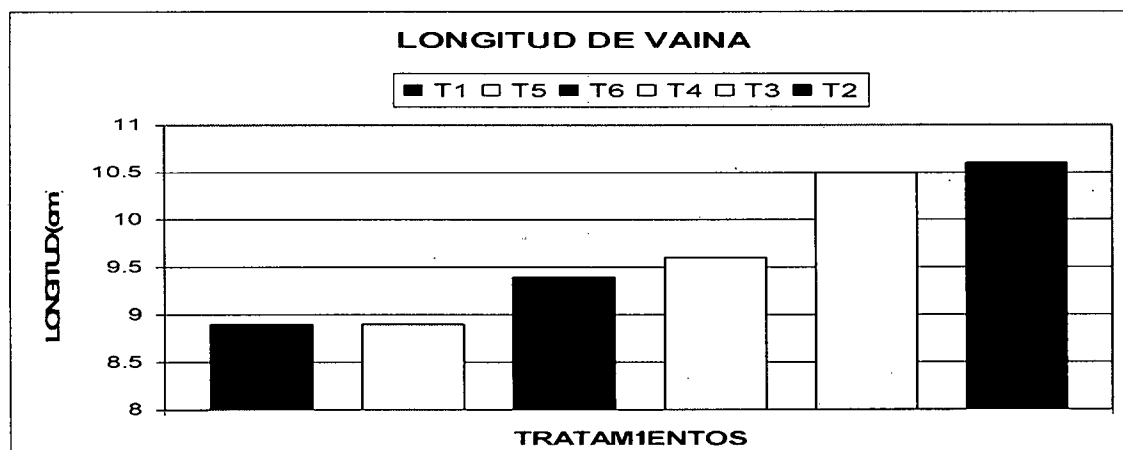


Figura 25. Longitud promedio de vaina en cada tratamiento

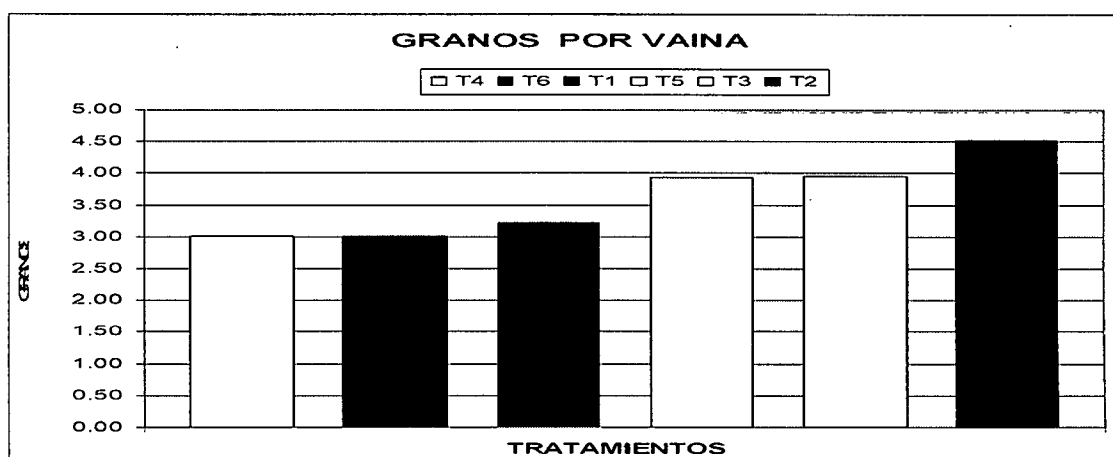


Figura 26. Número promedio de grano por vaina en cada tratamiento

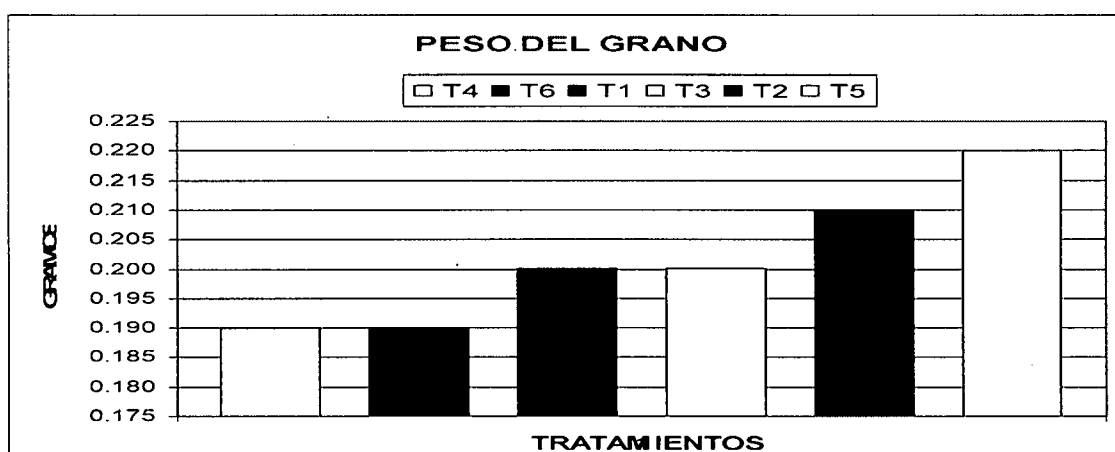


Figura 27. Peso promedio del grano en cada tratamiento

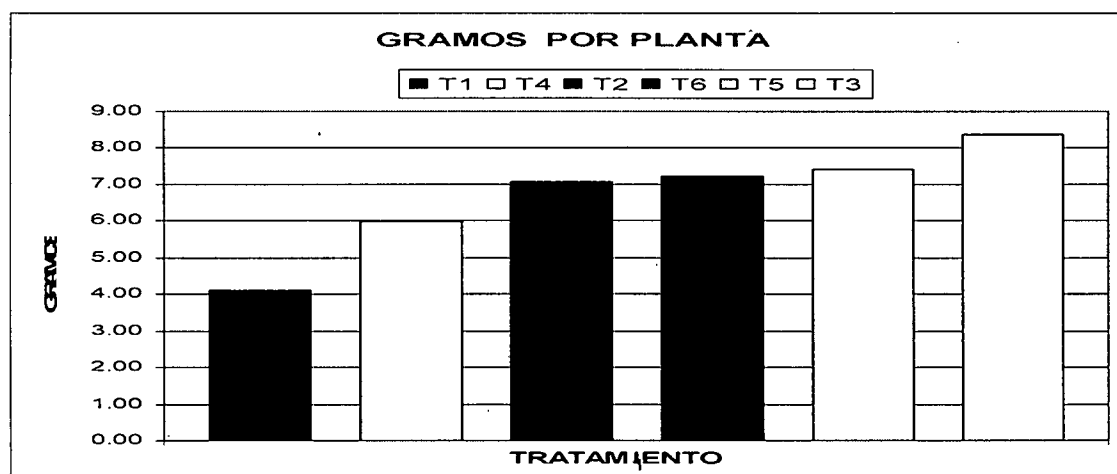


Figura 28. Peso promedio de granos por planta en cada tratamiento

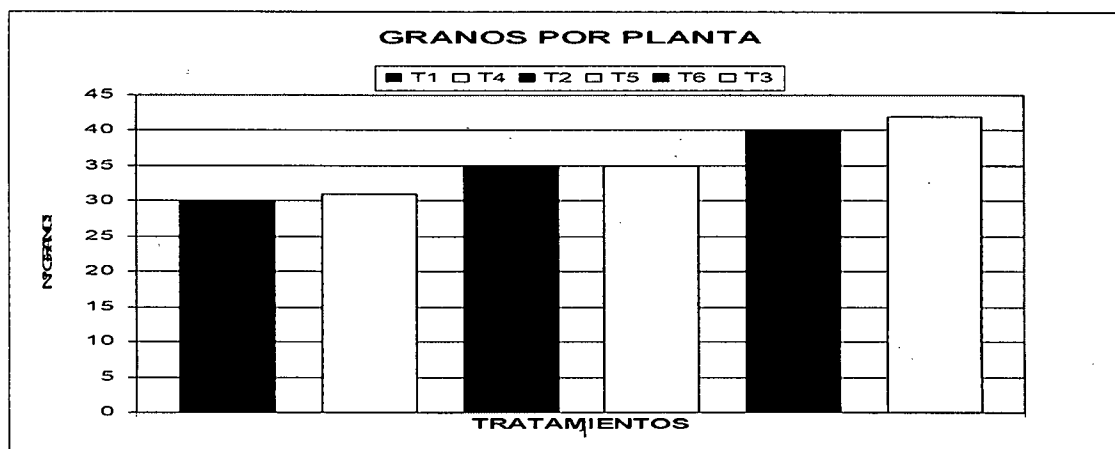


Figura 29. Número promedio de granos por planta en cada tratamiento

Cuadro 34. Impactos significativos de las variables por tratamientos

Nº	VARIABLES	IMPACTO NEGATIVO (-)				IMPACTO POSITIVO(+)	
		T1 5Ut	T4 5uT+5Kv/m	T5 100uT+5Kv/m	T2 100uT ICNIRP	T3 5Kv/m ICNIRP	T5 100uT+5Kv/m
1	ALTURA		SI			SI	
2	LONG. DE VAINA			SI		SI	
3	Nº DE VAINAS				SI		
4	Nº GRANOS/PLANTA	SI				SI	
5	PESO DEL GRANO	SI					SI
6	GRAMOS/PLANTA	SI				SI	

9.5. Esquema del área experimental

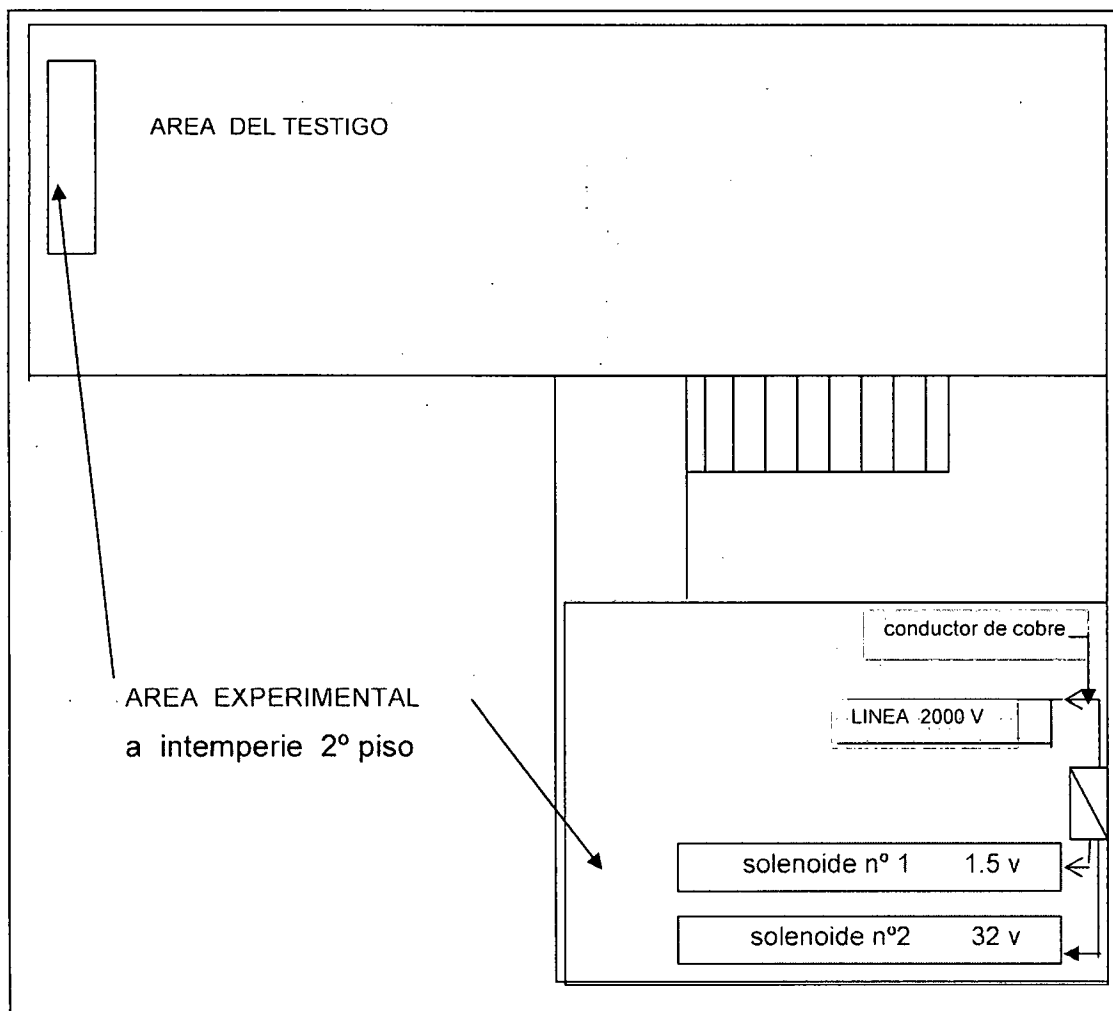


Figura 30. Área del experimento en el segundo piso de una vivienda

9.6. Esquema del solenoide N°1, N°2 y línea de media tensión

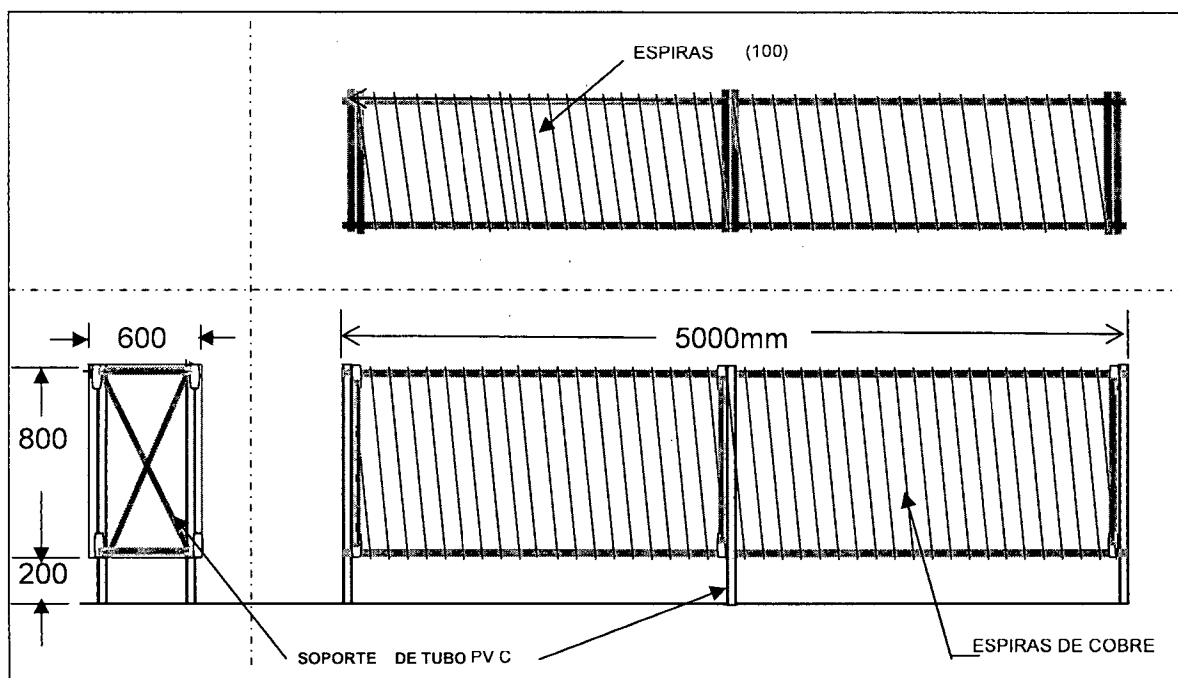


Figura 31. Esquema del solenoide N°2 de 100 espiras (generador de 100 μ T)

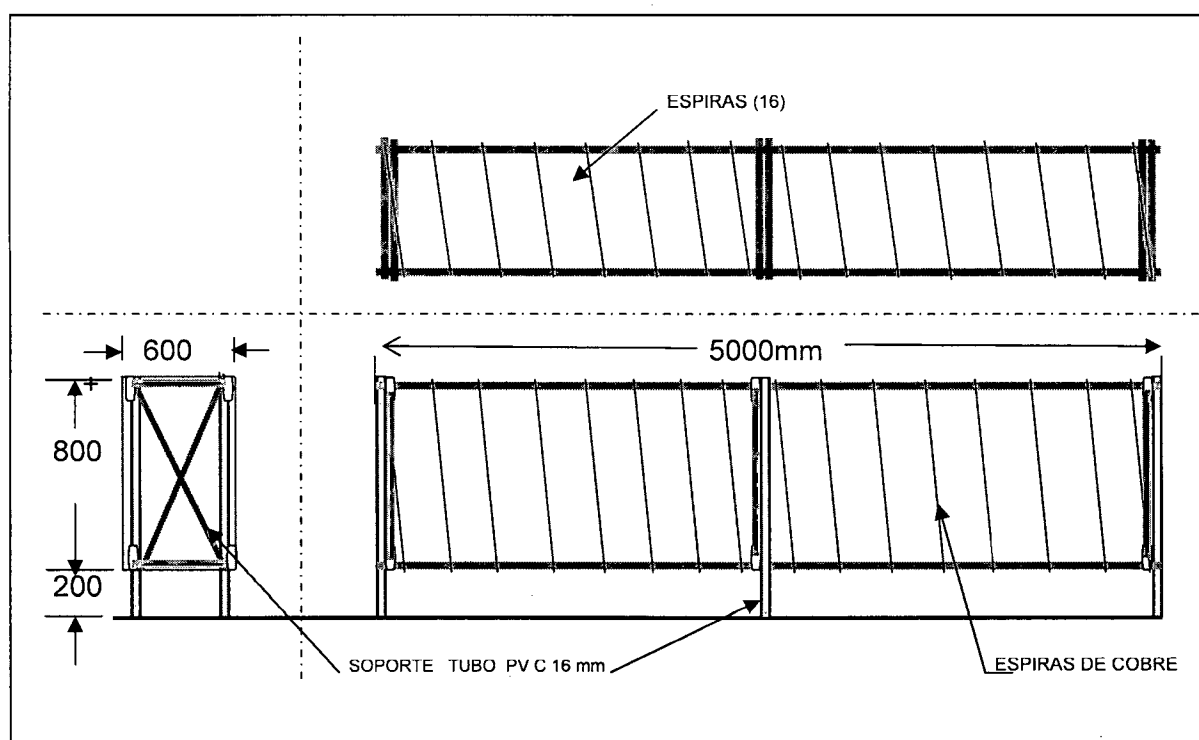


Figura 32. Esquema del solenoide N°1 de 16 espiras (generador de 5 μ T)

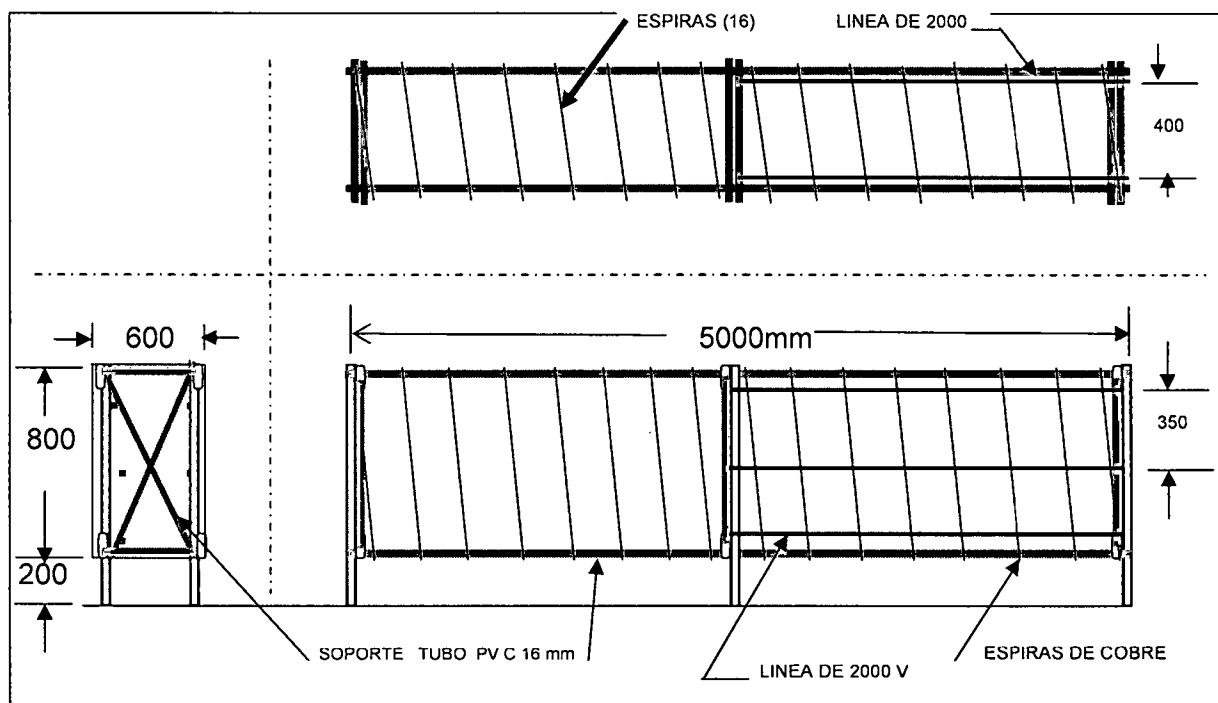


Figura 33. Esquema del solenoide N°1 de 16 espiras y línea de media tensión

9.7. Fotografías del experimento

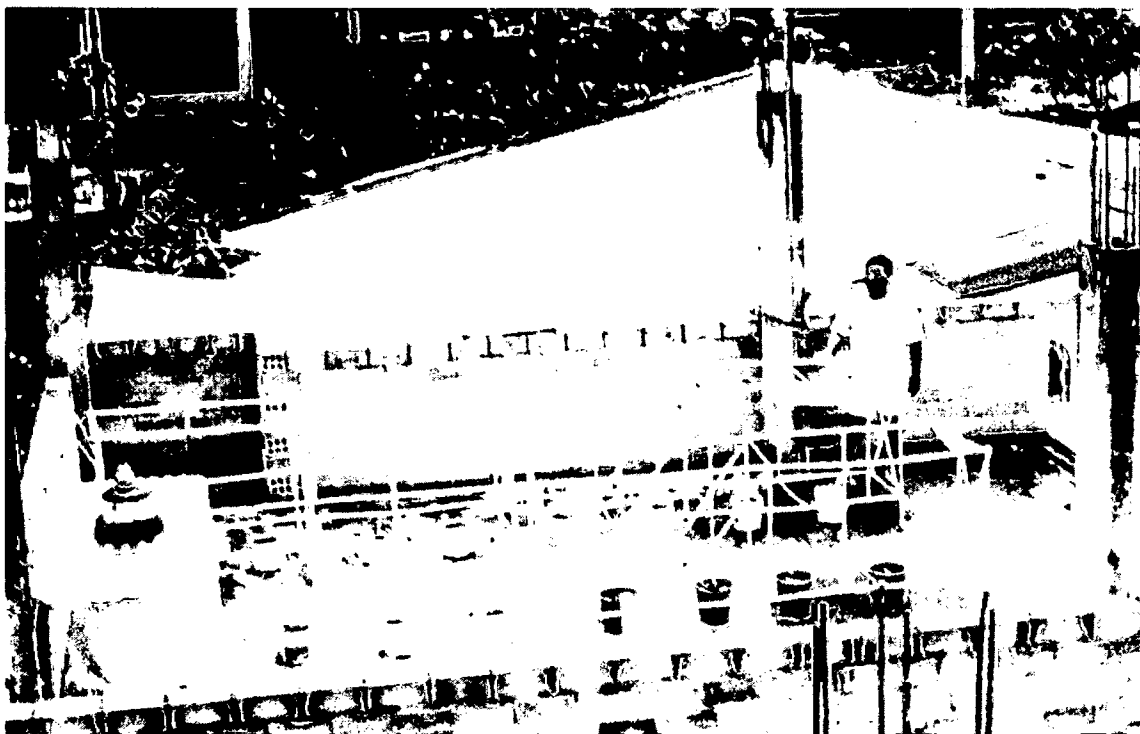


Figura 34. Área de trabajo con los solenoides N°1 y N°2 y equipos



Figura 35. Siembra de las semillas de frijol caupí en los maceteros

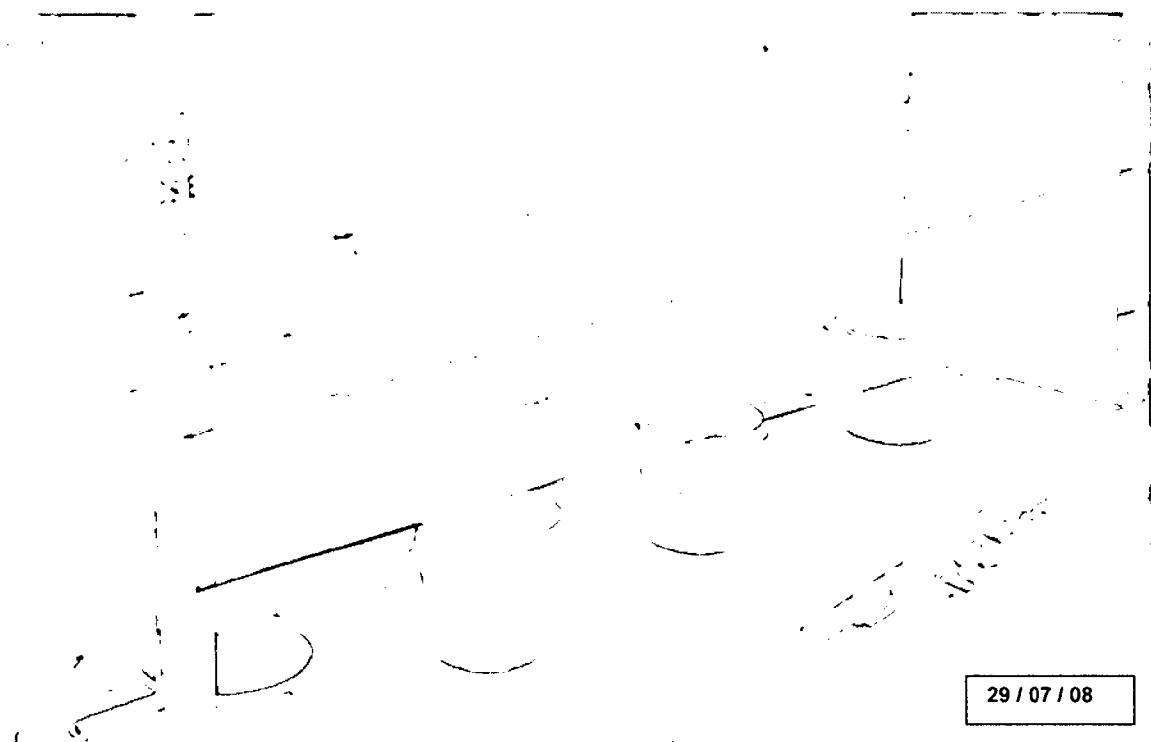


Figura 36. Ubicación de maceteros (muestras) dentro de la línea de 2000v



Figura 37. Maceteros con 08 plantas germinadas



Figura 38. Ubicación de maceteros (muestras) con una planta seleccionada



Figura 39. Medición del campo magnético en el solenoide de 16 espiras (5uT)



Figura 40. Maceteros dentro de los campos magnéticos

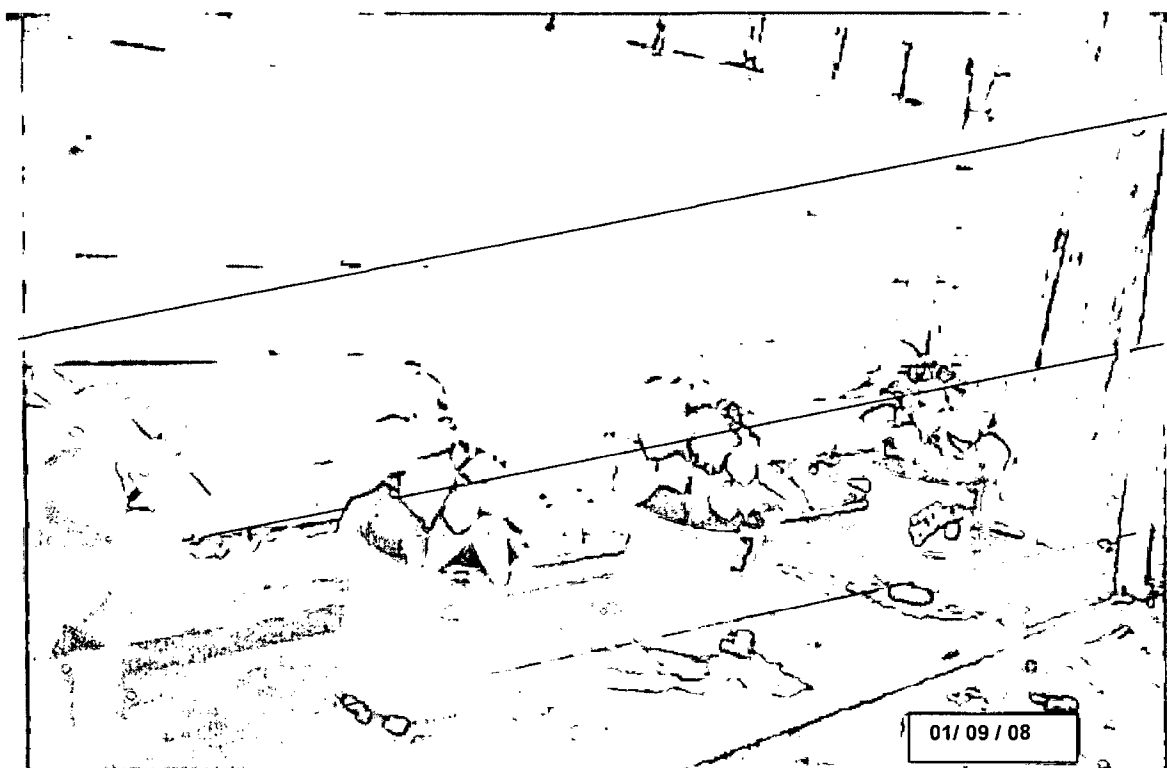


Figura 41. Plantas en floración dentro del campo eléctrico 5 Kv/m



Figura 42. Muestra testigo inspeccionando brote de vaina

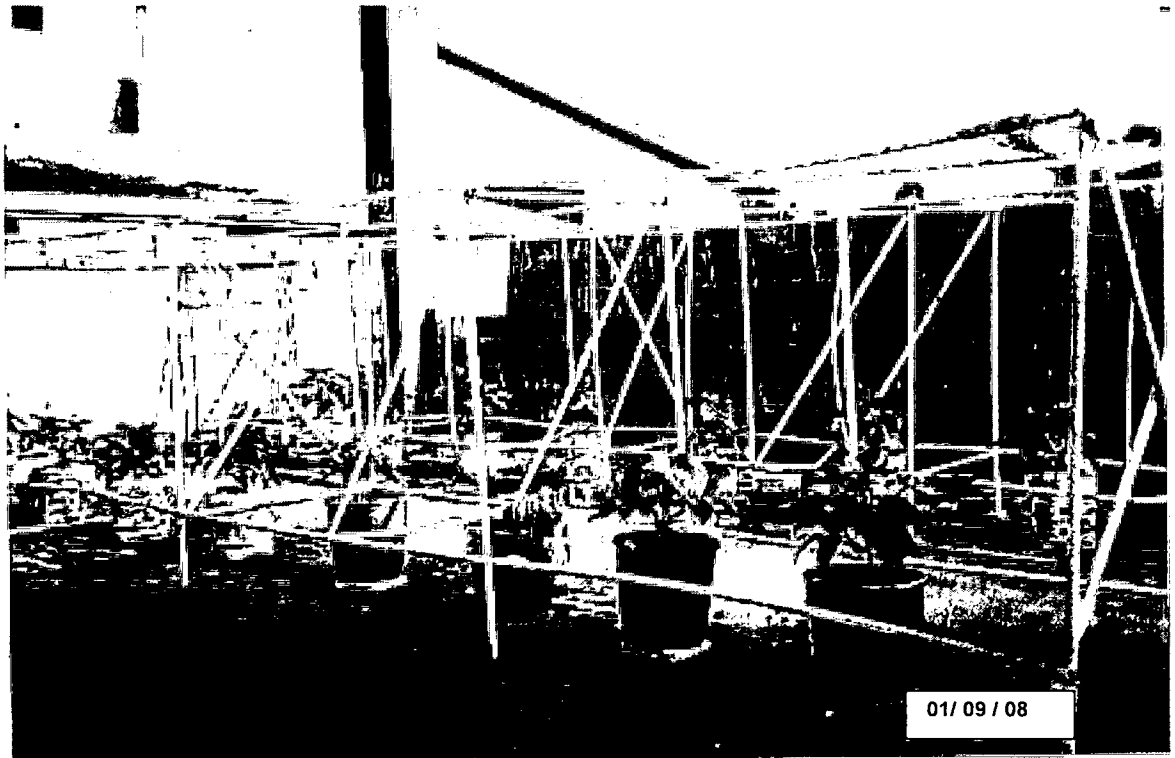


Figura 43. Plantas amarillándose en plena floración.

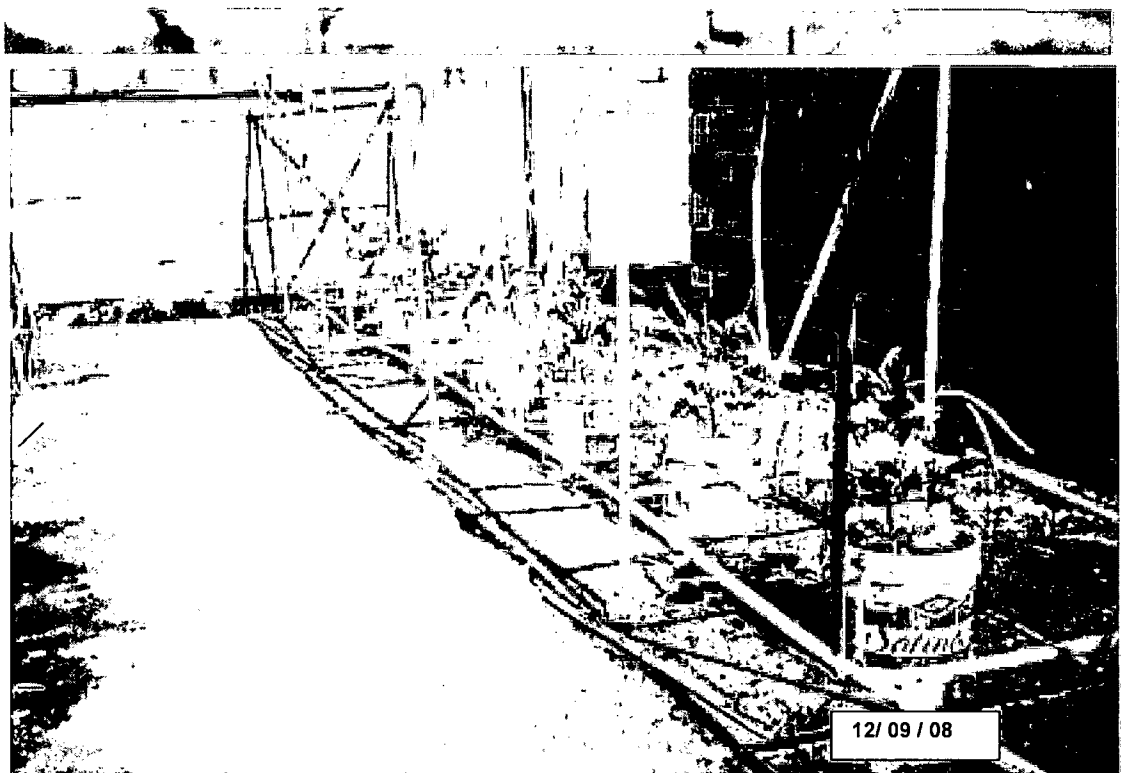


Figura 44. Plantas con hojas amarilla y vainas en campo magnético de 100 μ T

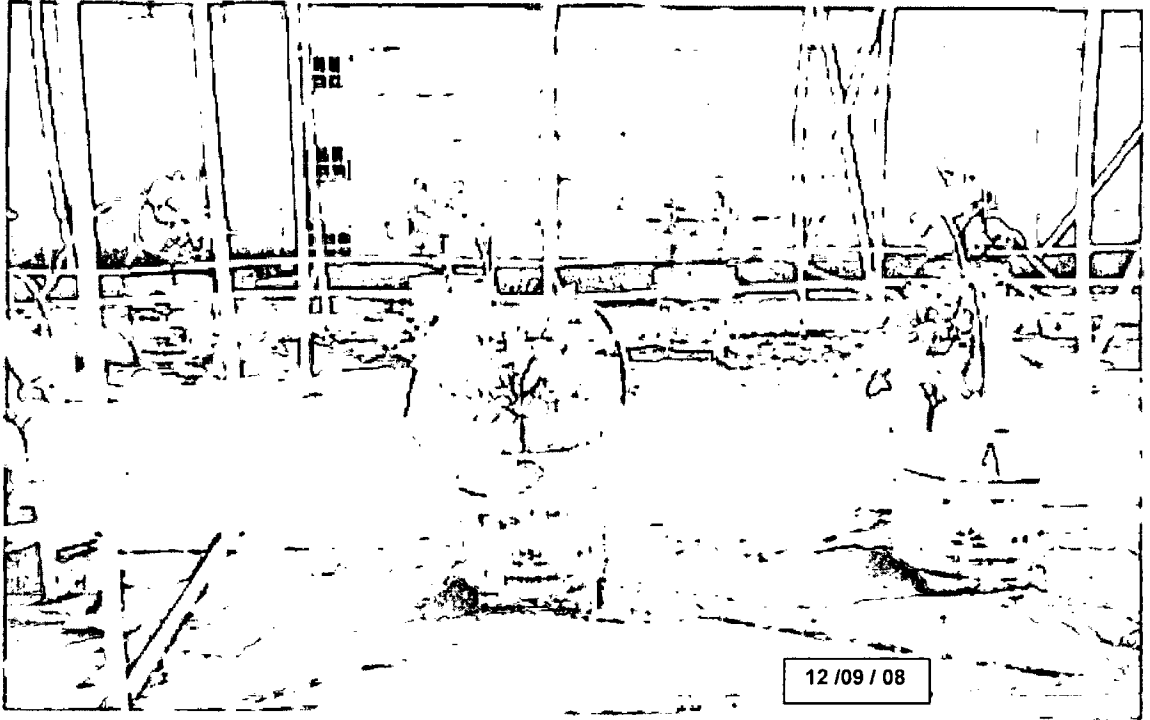


Figura 45. Plantas totalmente con hojas amarillas y vainas en maduración

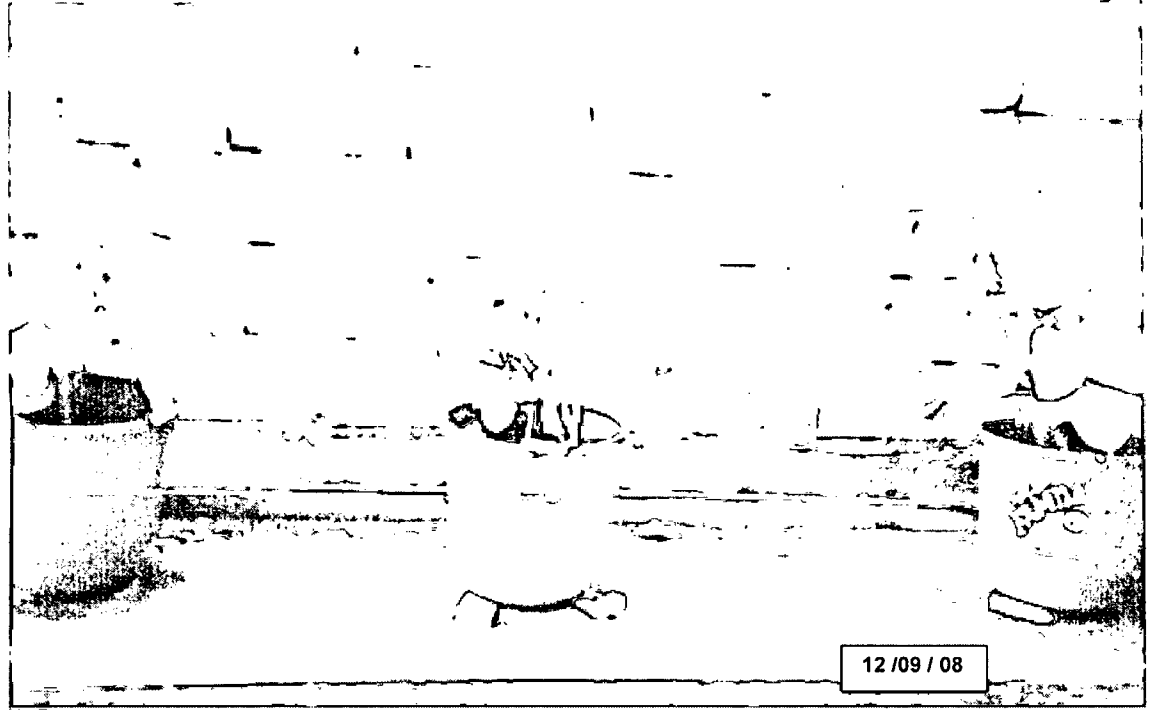


Figura 46. Plantas con hojas amarillas y vainas en maduración en campo eléctrico de 5Kv/m

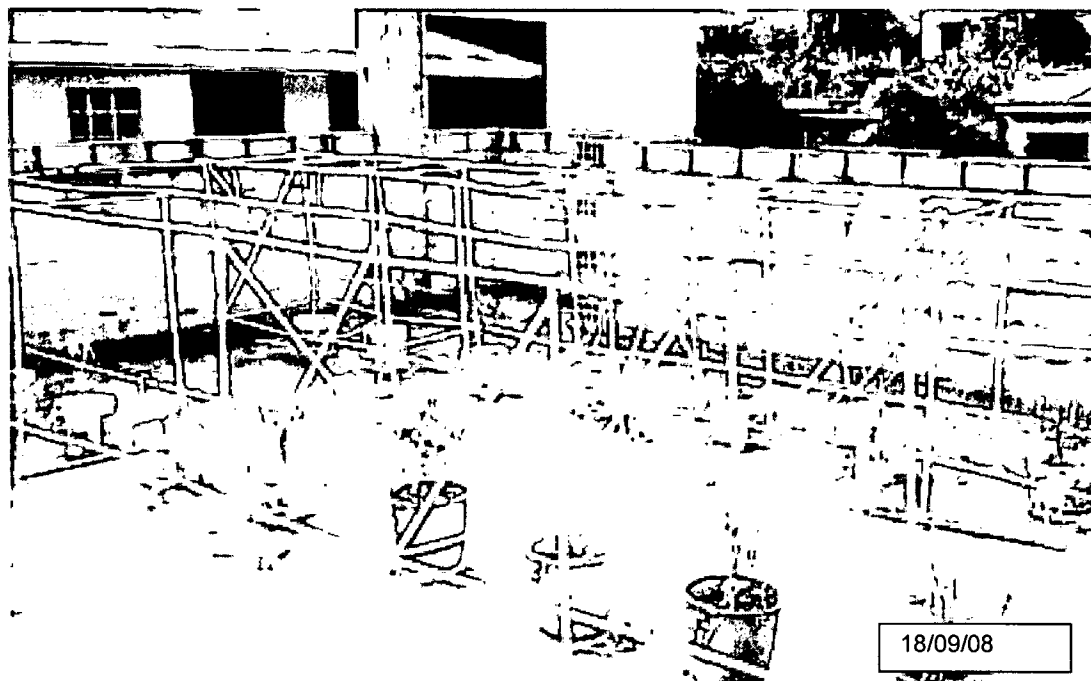


Figura 47. Plantas sin hojas, debido al desprendimiento por el impacto

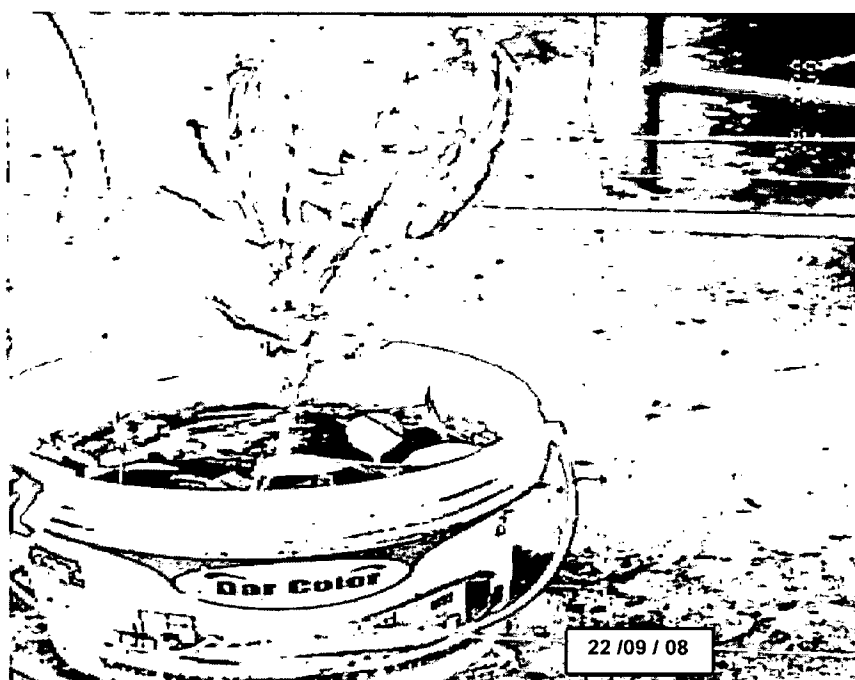


Figura 48. Planta sin hojas; pero con vainas secas

9.8. Magnitudes y unidades

Magnitud	Símbolo	Unidad (SI)
Conductividad	Σ	1/Ohm por metro ($1/\Omega \text{ m}$)
Corriente	I	Ampere (A)
Fuerza		Newton (N)
Carga eléctrica	J	Coulomb (C)
Energía	W	Joule (J)
Frecuencia	F	Hertz (Hz)
Campo Eléctrico	E	Voltio / metro (V/m)
Campo de Excitación Magnética	H	Ampere / metro (A / m)
Campo de Densidad de Flujo Magnético	B	Tesla (T)
Permeabilidad magnética del vacío	μ_0	Tesla metro / amp.
Permeabilidad magnética relativa	μ_r	Adimensional
Permitividad del vacío	ϵ_0	$\text{C}^2 / \text{N} - \text{m}^2$
Densidad de potencia	S	(W / m ²)

* 1 Tesla = 10^4 Gauss $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ Tesla metro / Amp ó henstios/metro
 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ Coulomb² / Newton -Metro²

9.9 Organizaciones internacionales

La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP). Es una organización científica independiente, creada en el Octavo Congreso Internacional de la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) en Montreal en 1992. Esta comisión está formada por expertos científicos independientes, es una organización sin fines de lucro e independiente de la industria, tanto en su personal como en sus fondos de funcionamiento y trabaja en estrecha colaboración con otras organizaciones y agencias nacionales e internacionales relacionadas con la protección de la salud, como, entre otras: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), y la Asociación Internacional de Protección contra las Radiaciones (IRPA).

Esta organización sustituyó al Comité Internacional para las Radiaciones No Ionizantes (INIRC), creado por (IRPA), en 1974 como grupo de trabajo y convertido finalmente en Comité en 1977.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) es una agencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS) especializada en la investigación del Cáncer.

A continuación se presenta las organizaciones siguientes:

- a. Comisión Internacional para Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)
- b. Organización Mundial de la Salud (OMS)
- c. Organización Internacional del Trabajo (OIT)
- d. Asociación Internacional de Protección contra las Radiaciones (IRPA).
- e. Comité Internacional para las Radiaciones No Ionizantes (INIRC).
- f. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)