

IRRADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA NO IONIZANTE EN LA ESPECIE (PISUM
SATIVUM) ARVEJA

JUAN MIGUEL GÓMEZ PÉREZ

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C.

2012

IRRADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA NO IONIZANTE EN LA ESPECIE
(PISUM SATIVUM) ARVEJA

JUAN MIGUEL GÓMEZ PÉREZ

Documento Final

Tutor

ING. GUILLERMO VALENCIA PLATA

SEMILLERO INGTEL

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C.

2012

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	4
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo General	
3.2 Objetivos Específicos	
4. MARCO REFERENCIAL	11
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DESARROLLADO DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	13
6. PRODUCTOS ACADEMICOS DESARROLLADOS DURANTE EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	20
7. RESULTADOS OBTENIDOS	21
8. CONCLUSIONES	28
9. BIBLIOGRAFIA	29

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó para argumentar si las ondas electromagnéticas emitidas por equipos de microondas, causan efectos nocivos para el medio ambiente. En la actualidad hay una gran cantidad de usuarios y una masiva proliferación de antenas sin ningún control de las autoridades pues no se han realizado estudios que demuestren las consecuencias de este tipo de contaminación.

Esta preocupación en la población en general no es evidente, la contaminación electromagnética se categoriza como invisible e imperceptible, por tal motivo la hace una de las más peligrosas; a la vez son pocas las investigaciones que sustenten los efectos en las demás formas de vida como lo es la vegetal.

Por lo tanto se analizó el comportamiento que tiene una especie específica de plantas al exponerlas en un tiempo definido a una comunicación inalámbrica a través de antenas que emitan ondas a frecuencias que se especificaran posteriormente.

Para la realización del experimento se realizó un montaje el cual garantizará a las plantas las mismas condiciones de temperatura, humedad, sombra, exposición al sol, cantidad y tiempo de riego del agua. Con las instalaciones se obtendrán datos como lo son su grado de inclinación, altura, entre otros aspectos.

Comparando las instalaciones (experimental y control) se establecerán las conclusiones de este estudio, para darle respuesta al problema planteado y ser un punto de inicio para más investigaciones que concedan respuestas a posibles consecuencias del uso de las redes inalámbricas, al mismo tiempo establecer recomendaciones de uso al usuario final y especificaciones técnicas a empresas que presten el servicio, siempre y cuando haya una vigilancia por un ente autorizado, buscando una verdadera tecnología amable con nuestro entorno sin afectar los servicios de la información y comunicación.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Como consecuencia del crecimiento que ha tenido la tecnología en los últimos años se ha logrado observar que las comunicaciones han tenido una evolución bastante significativa a la hora de ser utilizadas, implementadas y gestionadas, con el fin de brindar diferentes servicios con una mejor calidad.

Este crecimiento muestra la necesidad de mejorar el desempeño de las redes móviles logrando una mayor satisfacción en el momento de prestar el servicio, haciendo necesaria la implementación de más equipos que emiten radiación electromagnética, convirtiéndose así en fuentes de contaminación del espectro, teniendo como consecuencia la acumulación de la radiación emitida en el, causando efectos nocivos en los seres humanos y en la vegetación.

Diversos estudios muestran que la electropolución o contaminación electromagnética emitida por las antenas en las comunicaciones ha logrado afectar ciertas plantas o zonas de plantaciones masivas (bosques, cultivos), cambiando su estructura, variando su crecimiento, retrasándolo o acelerándolo. Estos cambios conllevan a que estas zonas afectadas puedan desaparecer o ser altamente perturbadas.

Investigaciones como las de Balmori¹ realizadas en el 2004 en Letonia, muestran que en una zona determinada, en la cual se recibió directamente radiación, los pinos cercanos experimentaron un menor crecimiento radial con respecto al tiempo de iniciación de emisión de ondas por parte de un radar, este cambio no ocurrió por fuera de la zona que había sido asignada para el estudio. Por lo que se puede afirmar que los árboles en general han sido perturbados por el efecto de las ondas electromagnéticas.

Balmori¹ en otro hecho que encontró describe que en los árboles cercanos a una gran antena de comunicaciones situada en un bosque de Michigan han crecido inusualmente desde su instalación en 1986, se ha considerado que este cambio en el crecimiento es producido por los campos electromagnéticos que rodean la antena, al parecer distintas especies de flora reaccionan diferente cuando se encuentran expuestas a electropolución, en algunas disminuye su crecimiento y otras aumenta su tamaño considerablemente.

En un hecho registrado por Kiernan² afirma que en el siglo XX, más exactamente durante la guerra fría en la frontera entre las dos Alemanias, estuvieron en funcionamiento equipos de radares para misiones militares,

¹ Balmori, Alfonso. ¿Pueden afectar las microondas pulsadas emitidas por las antenas de telefonía a los árboles y otros vegetales? *En: Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente.* (Septiembre 2004)

² Kiernan, V. 1995. Bosque crece alto en las ondas de radio. *New Scientist* . Recuperado el 10 de Mayo 2010.

donde se detectó que los bosques aledaños sufrieron alteraciones hacia la misma dirección de propagación de las ondas electromagnéticas, al transcurrir el tiempo este suceso mejoró con notable regeneración y recuperación del bosque por el desmonte de las estaciones de radar. Un acontecimiento parecido se presentó en países como Canadá y Suiza donde los árboles situados cerca de un gran transmisor crecían de forma opuesta a la dirección de procedencia de la propagación.

Los hechos descritos anteriormente demuestran que las ondas electromagnéticas son agentes externos que han afectado durante su emisión a distintas especies vegetales, en diferentes aspectos físicos, por tal motivo se propone realizar un experimento en el que se involucre una especie vegetal con características físicas manipulables, para el análisis de datos y concluir si las ondas electromagnéticas no ionizantes pueden alterar el nacimiento y crecimiento de la especie en estudio.

2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación electromagnética actualmente tiene crecimiento impugnable ya que no es tan solo las comunicaciones inalámbricas, también existe en las líneas de alta tensión y subestaciones eléctricas, que como podemos apreciar a nuestro alrededor han cambiado visualmente los panoramas no solo en áreas urbanas si no en rurales, con estructuras metálicas necesarias para tener instalaciones seguras, rígidas sin peligro de caída. Sin embargo no es tan solo la contaminación visual que se puede apreciar, si no los campos electromagnéticos que no son perceptibles y por lo tanto pasan desapercibidos.

Como asegura la revista *Ecologistas en Acción*³ “se ha convertido en un problema medio ambiental y de salud pública” donde legislaciones en distintos países no regulan actividades de la inclusión del electromagnetismo, por el contrario realizan leyes donde no se vean afectadas las empresas operadoras. Por tal motivo algunas comunidades han expresado el descontento hasta conformar fechas como el Día Internacional contra la Contaminación Electromagnética, en el cual realizan movilizaciones en contra de estas emisiones, también se encuentran registros de conferencias internacionales que alertan sobre los posibles efectos y riesgos como en Viena 1998, Salzburgo 2000, Roccaraso 2000, Alcalá de Henares 2002, Catania 2002, Friburgo 2002 y Benevento 2006, estos han sido desarrollados gracias a investigaciones independientes en las que se argumentan las posibles consecuencias del exceso de electromagnetismo no ionizante, así mismo de estudios como el REFLEX que alertan sobre cambios negativos en las células de seres vivos, el medio ambiente y la salud humana.

Jurídicamente los hechos anteriormente descritos están regidos por leyes que muestran un retraso con los avances que hemos disfrutado en las últimas décadas y que en algunos casos son más favorables para los operadores sin buscar un equilibrio para la salud pública, como por ejemplo en el artículo de la revista *Ecologistas en acción*³ sacado en Junio de 2007 donde refieren la ley del Sector Eléctrico de 1997 de España, en la cual describe las reglas de líneas de tensión y subestaciones eléctricas, en ellas detallan la autonomía sobre criterios de precaución, distancias de seguridad, reserva de suelo fuera de zonas residenciales y niveles de exposición a estos campos electromagnéticos, en dicha fecha no existía una Ley general de Telecomunicaciones y normativa para el uso del espectro radioeléctrico, en Colombia hasta Enero del 2005 se imputó el decreto 195⁴, recordemos que la inclusión de la telefonía celular

³ *Ecologistas en Acción* (2007 Junio). Día Internacional contra la Contaminación Electromagnética.

⁴ Decreto N° 195. Por el cual se adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 31 de Enero de 2005.

arranco desde el año 1994, es decir, esta tecnología no tuvo una normatividad durante 11 años, en dicho decreto se estipulan los límites de exposición de personas a Campos Electromagnéticos, en el cual detallan la banda de frecuencias que es permitida, basado en un Estudio realizado por la Universidad Javeriana y en el cual recomiendan la adopción de niveles definidos por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante, ente reconocido por la OMS. También decretan los entes de control y vigilancia como el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial, Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Comunicaciones, los cuales podrán imponer sanciones por el no cumplimiento de los límites de exposiciones bajo el reglamento de la Resolución 1645 de 2005⁵ del Ministerio de Comunicaciones. Sin embargo no imponen la revelación de datos de medición de estos límites, actualmente en el público en general se desconoce cuantas nanoteslas (Unidad de intensidad de un Campo magnético) para radiaciones de baja frecuencia estamos expuestos, o la cantidad de microvatios por metro cuadrado para radiaciones de alta frecuencia son utilizadas por los distintos aparatos e instalaciones que emanan este tipo de radiación.

Por tal motivo se han recogido manifiestos como en España contra este tipo de contaminación exigiendo normativas que establezcan como límite máximo a 100 nT (nanoteslas) para baja frecuencia y a 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (microvatios por metro cuadrado) para alta frecuencia, como se publica en el informe de Karolinska, un instituto de Suecia, la exposición a 200 nT da la probabilidad de incrementar al 250% el riesgo de contraer cáncer y Leucemia, y a pesar de existir estos estudios normativas como la europea permiten la exposición a 100 μT (microteslas), es decir, a 100.000 nanoteslas asegurando que al no superar un tiempo de 4 horas de exposición no corre ningún tipo de riesgo.⁶

La sociedad en general desconoce todo este tipo de estudios o consecuencias que conlleva la utilización de la radiación electromagnética, esto por agentes como las empresas de Comunicaciones o de Energía que siguen acrecentando su número de clientes y usuarios, bajo el modelo “Cobertura e interconexión para todos”, cabe mencionar que este documento no es una oposición de ese modelo pues aumenta el desarrollo para los distintos países y el acceso a la red mundial es un derecho de los habitantes, sin embargo es importante conocer detalles como la exposición en la que nos encontramos, pero que en la actualidad no sabemos de dichas cifras y esto puede ocurrir por negligencia de gobiernos ya que estas empresas generan millones de ganancias y económicamente para el país es un negocio muy rentable.

Según Alcañiz⁷ Hay estudios que afirman que al vivir en un radio menor de 400m de una antena de telefonía móvil multiplica el riesgo de: contraer cáncer,

⁵ Resolución N°1645. Por la cual se reglamenta el Decreto [195](#) de 2005. Bogotá, 29 de Julio de 2005.

⁶ Petición Pública. (2011 Junio). Manifiesto contra la Contaminación electromagnética.

⁷ Alcañiz, Epifanio, Campos electromagnéticos. Radiestesia y salud.

alterar las fases de sueño e inhibir la producción de melatonina (acelerando la vejez), anteriormente las antenas de comunicaciones se encontraban en los picos más altos según la geografía del terreno, o en lugares abiertos, sin embargo actualmente la demanda de usuarios hace que las operadores instalen estas antenas dentro de barrios, es decir, en plenas zonas residenciales, prácticamente como vecinos de la CEM. Según un artículo del diario ADN Bogotá⁸ “hay una anarquía sobre la instalación de antenas de telecomunicaciones” esto se asegura por declaraciones hechas por el Contralor Distrital Oscar Ardila donde afirma “el distrito a la fecha no cuenta con un inventario de las antenas instaladas en el Distrito y la mayoría de las instaladas son ilegales”, en el historial se tiene un inventario de Septiembre de 2001 de 9534 antenas de las cuales 5484 se aseguran que son de telecomunicaciones las restantes son ilegales. Esto significa, los llamados entes de control no han realizado su labor de controlar por lo menos la instalación o la distancia recomendable para la no afectación de las ondas electromagnéticas, y si esto pasa con la parte visual la que podemos percatar fácilmente, que será de la parte imperceptible es decir de la intensidad de las ondas que se propagan, si se estarán vigilando y cumpliendo los límites de recomendación de la Comunidad Europea o de la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante.

Precisamente la comunidad Científica ha desarrollado algunos estudios donde aseguran las posibles alteraciones que actualmente sufrimos como enfermedades cerebrales, cánceres, vértigos y dolores de cabeza causadas por las distintas fuentes de ondas electromagnéticas, por ejemplo el físico de la Universidad de Antioquia José Marulanda⁹ afirma que “La interacción entre las ondas electromagnéticas y los seres vivos, pueden ocasionar afectación celular en los tejidos, además de alteración en los procesos neurológicos y dolores articulares” y la médica especialista en holística y sinérgica de la Universidad de la Sabana Anne Borissow⁹ asegura que “ A largo plazo se afecta directamente el metabolismo, generando que las células acumulen toxinas internamente y haciendo que la célula envejezca más rápido, causando alteraciones y mal funcionamiento de los órganos de nuestro cuerpo”. Entre los aparatos más peligrosos que emanan este tipo de radiaciones se encuentra el horno microondas el cual está a nuestro alcance con frecuencias de 2.45 GHz, dicha frecuencia es utilizada también por los enrutadores inalámbricos, es decir, la tecnología Wi-Fi la cual también se encuentran en el interior de nuestras casas, oficinas y demás sitios donde permiten conectividad con la internet, sobre este aparato no hay pruebas concluyentes, pero si se asegura una perturbación por su ondas.

⁸ “Bogotá, llena de antenas de Telecomunicaciones”, ADN BOGOTA, 25-06-12, p 3.

⁹ Ortiz, Juan Diego, “La contaminación electromagnética, un mal oculto en el hogar”, ADN BOGOTA, 23-07-12,

Si esto ocurre en los humanos es altamente probable que en animales exista este tipo de alteraciones, y por consiguiente en la especie vegetal, es por tal motivo que se quiere realizar un experimento entre las ondas electromagnéticas y una especie vegetal, en la que se pueda concluir sobre las consecuencias que se tienen por el uso de esta radiación, esto para generar más investigaciones sobre dichas consecuencias y efectos, pero con el fin de realizar un tratamiento considerable a este tipo de tecnologías pues no se busca afectar el servicio al usuario final, si no de crear un equilibrio entre la prestación del servicio y la no alteración al medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar del efecto de la contaminación electromagnética no ionizante de comunicaciones móviles sobre los procesos de germinación y crecimiento temprano de la arveja común *Pisumsativum* L.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Plantear el diseño de invernaderos que permitan las condiciones básicas necesarias para que la planta *Pisumsativum* (Arveja) crezca en un ambiente adecuado.
- 2) Realizar la instalación de equipos de comunicaciones (Antena) en el invernadero de experimentación con el fin de emitir ondas electromagnéticas
- 3) Controlar con ayuda de herramientas, equipos y aparatos de medición las condiciones del invernadero para que el crecimiento de las plantas sea equitativo y no se altere el estudio por alguna circunstancia alterna que no sea la emisión de ondas.
- 4) realizar la respectiva toma de muestras de mediciones (tamaño, número de hojas, color, entre otras) antes y después de la emisión
- 5) Elaborar un análisis de los datos recolectados en la experimentación.

4. MARCO REFERENCIAL

En Colombia se han realizado algunos estudios de telecomunicaciones respecto al espectro electromagnético acerca de su calidad de conexión y mediciones de campo magnético; sin embargo en lo relacionado con el impacto al medio ambiente no se han efectuado estudios rigurosos sobre la afectación generada.

Se han hecho investigaciones sobre diversos sistemas biológicos, pero no sobre la afectación a los ecosistemas, riesgos biológicos o cambio climático. Dichos estudios a nivel de Colombia son escasos y en el mundo son limitados e incompletos, algunas de las investigaciones más notorias se encuentran en (cáncer de mama en animales, otras formas de cáncer en animales y la hipótesis de la melatonina). Enunciado por el V Congreso Nacional de Medio Ambiente de España¹⁰.

Para tener los conceptos claros definiremos contaminación ambiental, tomado de la Gran Enciclopedia Educativa¹¹ se refiere a la presencia de cualquier agente, sea físico o químico o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal. La contaminación se divide en varios aspectos como son: residuos sólidos, aguas residuales, contaminación atmosférica y espectral.

En el planeta Tierra existendiferentes medios (tierra, aire, agua), en los cuales encontramos un medio que es llamado campo electromagnético, los cuales son una combinación de ondas eléctricas (E) y magnéticas (H) que se desplazan simultáneamente en el espacio libre emitidas por equipos de comunicación o naturales como la luz visible. Este tipo de ondas se propagan a la velocidad de la luz la cual es 300.000 km/s y se caracterizan porque se encuentran compuestos por dos grandes parámetros que son una frecuencia y una longitud de onda¹².

Estos campos electromagnéticos pueden ser producidos por el hombre o simplemente por origen natural. Los creados por el hombre pueden ser generados por fuentes de frecuencia extremadamente baja (FEB) tales como las líneas eléctricas, el cableado y los electrodomésticos, así como por fuentes de frecuencia más elevada, tales como las ondas de radio y de televisión o, más recientemente, de teléfonos móviles y de sus antenas las cuales se

¹⁰ Torrego, A. (2000, Noviembre). Campos Electromagnéticos. Congreso Nacional del Medio Ambiente

¹¹ Bonet, Sanchez Antonio, (1991) Gran enciclopedia educativa. Ediciones Zamora Ltda.

¹² García, Susana (Abril, 2005) La salud humana y los campos electromagnéticos de frecuencia Extremadamente Baja (CEM-FEB). Artículo Asociación Toxicológica Argentina.

encuentran contaminado el espectro electromagnético y saturándolo cada vez mas. En la parte de los que se pueden observar naturalmente son, por ejemplo, el campo magnético estático de la tierra al cual todos los seres vivos nos encontramos expuestos permanentemente, los campos eléctricos causados por cargas eléctricas presentes en las nubes, la electricidad estática que se produce cuando dos objetos se frotan entre sí o los campos eléctricos y magnéticos súbitos resultantes de los rayos. (Extraído del Centro de Prensa de la Organización Mundial de la Salud Nota descriptiva N°322)¹³. Para la comprensión del campo electromagnético, a nivel de frecuencias este se distribuye en un espectro que se divide por niveles, las frecuencias comprendidas entre los cero (0) y los 300 GHz se conocen como campo electromagnético no ionizante (CEM-NI). La ionización se refiere al proceso mediante el cual es arrancado un electrón de las capas exteriores de un átomo por acción de una radiación externa. Por lo tanto el campo ionizante son de $f > 300$ GHz, las frecuencias de estudio se encuentran en las clasificadas como Microondas (MO) las cuales son superiores a 300 MHz hasta 300 GHz, son producidas por hornos microondas, radares, sistemas de comunicación, telefonía móvil o celular que actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.800 MHz¹⁴.

¹³ Nota descriptiva N° 322 (2007, Junio). OMS Serie Criterios de Salud Ambiental, Vol. 238. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2007

¹⁴ Torres Javier, Ochoa Martha (2007, Junio). Criterios tecnicoambientales para el análisis del riesgo por contaminación electromagnéticas no ionizantes en Colombia.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DESARROLLADO DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ETAPA I

Documentación e investigación sobre el problema planteado.

Los antecedentes de la investigación fueron noticias en la comunidad científica sobre posibles cánceres o daños patológicos en los seres humanos por la constante exposición a las ondas electromagnéticas emitidas por comunicaciones inalámbricas, que sin embargo no son confirmadas en el corto plazo y que se han tratado como casos aislados o coincidencias de personas que continuamente se encuentran con los aparatos que las irradian por un tiempo considerable. Para confirmar las consecuencias se han realizado estudios en algunos animales surgiendo teorías como la melatonina explicada anteriormente en la sección de justificación del presente documento.

Sin embargo los estudios que se han realizado en las plantas son muy escasos y esta duda surge por lo descrito anteriormente, pues recordemos que las plantas son también seres vivos y si hay afectación en los hechos descritos anteriormente, se deduce que en este reino también pueden existir consecuencias por la exposición a este tipo de tecnología de comunicación.

Se realizó un estado del arte basado en hechos que ocurrieron, en su mayoría, en época de guerra con la instalación de antenas cercanas a bosques y cultivos, en los cuales el único factor común era la alteración en las plantas en su estructura física de distintas maneras, en algunos casos la recuperación a su estado natural o anterior ocurrían al retirar estas antenas o desconectándolas para la no emisión de ondas electromagnéticas lo que confirmaban lo registrado.

Confirmando esta base teórica recopilada, se dio inicio al diseño del proyecto del semillero INGTEL, con el fin de confirmar estos hechos y la alteración que sufren las plantas que se encuentran en lugares donde hay radiación electromagnética, para así dar conclusiones no en hechos históricos si no confirmando por medio de un proyecto los cambios que se expondrán en el presente documento.

ETAPA II

Anteproyecto y diseño de Proyecto

Con la sustentación teórica recopilada, se procedió con la realización del anteproyecto, en el cual se presentó el diseño del proyecto – experimento. Con los hechos investigados se quiso comprobar las versiones reportadas en el

mundo por la intromisión de las señales inalámbricas en ambientes con gran cantidad de especies vegetales, sin embargo realizar un experimento con especies como árboles o plantas de gran tamaño podría tardar varios años, y en cuanto a especies que son sembradas en área rural, los accesos a este tipo de terrenos o el montaje del enlace inalámbrico dificultaba la investigación.

Es por esto que se enfocó el proyecto en una planta que tuviera características en la etapa de brote y crecimiento de periodos cortos, que tuviera un tallo manejable, es decir, ni muy rígido ni tan flexible y que se pudiera adaptar a un clima frío ya que el sitio escogido para el experimento fue la ciudad de Bogotá, y por ser en área urbana es evidente que se debía plantear un tipo de sembrado por medio de bandejas de germinación por lo que la planta debía tener esta otra característica. Por estas razones se optó por realizar el experimento con la especie *Pisum Sativum* (Arveja) la cual cumplía con las anteriores condiciones para el crecimiento que debía realizar

Con el fin de adaptar el entorno y otorgar las condiciones básicas de las plantas, para su nacimiento y crecimiento, se obtuvo apoyo de un Ingeniero Ambiental de la Universidad Nacional el cual entregó datos vitales a tener en cuenta en el diseño de protección de agua exterior, aves, sistema de semillero, recomendaciones de siembra y la toma de muestras con datos que nos ayudaran a dar conclusiones con el problema planteado.

Para la ubicación del experimento es claro que se debía hacer en un espacio exterior para garantizar las condiciones de luz solar y entrada del anhídrido carbónico, por tal motivo fue asignada la terraza de la sede S de la Universidad Piloto de Colombia, sin embargo al realizarlo a campo abierto nos encontrábamos con factores adversos como exceso de agua lluvias, exposición prolongada al sol, corrientes de helada en horas nocturnas o intervención de aves. Por lo que se decidió realizar invernaderos, los cuales debían ser contruidos con material suficientemente resistente para los agentes anteriormente descritos pero que no interrumpían las condiciones vitales de las plantas, por esto se propuso los cobertizos con materiales de lingotes de madera, y con cubierta de plástico polisombra al 33 % en color blanco, permitiendo regular la entrada de luz solar, protegiendo tanto de las aguas lluvia como de corrientes de baja temperatura la mayoría en horas de la madrugada.

Por último para ofrecer otra necesidad vital como lo es el agua y sus minerales, se implementó un sistema de riego controlable, es decir, el cual fuera capaz de brindar la cantidad, intensidad y duración de agua para el invernadero; para establecer estos parámetros se inició un ensayo en Diciembre 2011, en el cual se instaló un prototipo del invernadero a realizar en el proyecto, en cuanto al sistema de riego no era automático pues se quería determinar los periodos que permitieran las mejores condiciones para la planta. Se tomaron tres periodos

diferentes, regar de por día, cada dos días y cada tres días, y regando por la noche o por la mañana, observando las plantas que mostraron mejor aspecto fue regarlas por la mañana cada dos días. Por esto se propuso la instalación de un programador de riego, el cual debería abrir las válvulas en horas de la mañana, cada dos días durante 4 minutos, asegurando humedecer completamente la capa de tierra.

Para la parte de telecomunicaciones, se debía realizar un enlace inalámbrico, lógicamente que emitiera ondas electromagnéticas por un periodo de 1 mes, por la masividad y gran cantidad de emisiones en la actualidad se pretendía estudiar con frecuencias de telefonía móvil, sin embargo por aspectos legales con el Ministerio de las TIC y por falta de equipos no se pudo realizarlo con el rango de estas frecuencias, sin embargo optamos por otra tecnología bastante utilizada, enlaces de wi-fi diferentes a los utilizados en hogares los cuales son de corto alcance, el sistema con el que se conto es para redes wi-fi de largo alcance en una sola dirección, el cual era la ideal para el experimento.

Como el objetivo del proyecto es observar las afectaciones de las ondas electromagnéticas en las plantas, se planteó el uso de una bandeja de control, es decir, un invernadero el cual no iba a tener la misma exposición a estas ondas, pero si tendría las mismas condiciones vitales de la planta, esto con el fin de garantizar que el único agente externo alterado fue el de las ondas, y a la vez de comparar las condiciones físicas de ambas bandejas.

Para comprobar que las instalaciones, sistemas, equipos y condiciones climáticas, no sufrieran daños en las 24 horas del día los 30 días de estudio y que estos no alteraran el resultado de dicho experimento era indispensable el monitoreo y toma de datos como la humedad, temperatura y estado del clima. Para esta actividad se optó por observar remotamente a través de una cámara web lo sucedido en el lugar y además recoger los datos anteriormente descritos por fuentes confiables como el IDEAM, durante 5 horas establecidas para dicha actividad 7AM, 11AM, 3PM, 6 PM, y 11PM.

Por ultimo para la recolección de datos físicos de las plantas se propuso por 4 etapas, al inicio, brote, crecimiento y final del experimento; para las 2 bandejas los datos a tomar son: altura, N° de hojas, ángulo de desviación, pigmentación, tardanza de brote y número de semillas con nacimiento, ya que son los datos más comprensibles para establecer comparación y así poder sacar las conclusiones para responder a la hipótesis planteada.

ETAPA III

Proyecto de Investigación

El 25 de Junio del 2012 se inició el experimento propuesto, con la siembra de semillas de arveja, adecuación e instalación de invernaderos y sistema de

riego, así como del encendido de equipos y puesta en marcha del enlace inalámbrico. En la siguiente imagen se ve la separación y distribución de semillas.



Foto1. Imagen tomada 25/05/12 Bandeja de Control (*distribución de semillas*)

De igual forma se realizó en la bandeja irradiada, ya que la arveja es una planta enredadera, es decir, no deja de crecer y requieren de soportes o guías, al enterrar las semillas se entierran de igual manera los trozos de cabuya, con el fin de que la misma planta busque esta guía para su crecimiento normal. (Foto2).



Foto2. Imagen tomada 25/05/12 Bandeja irradiada (*semillas y guías enterradas*).

El tubo verde visto en la Foto2 contiene un aspersor que deja correr el agua en 4 sentidos desde ese punto, asegurando que a toda la bandeja llegue este líquido. Este sistema es conectado a un programador de riego automático el cual está dispuesto para regar todos los lunes, miércoles, viernes y domingos, a las 7:00AM a 4 minutos de riego. El clima durante el proyecto predominó tiempos soleados.

El programador está conectado a una válvula eléctrica la cual solo permite el paso del agua cuando es indicada por el programador.



Foto3. Imagen tomada 25/06/12 Bandeja Irradiada (*Sistema de riego y antena en funcionamiento*)

De igual forma se monitoreo la señal que emitía la antena, por lo que se colocó el PC para que este por medio del programa *Inssider* nos mostrara los niveles de señal que estaba recibiendo esta bandeja en promedio era de -15dB



Imagen 1. Captura de pantalla tomada 21/06/12 Bandeja Irradiada (*Niveles de señal Red Inalámbrica ingtel -9dB Lado A*)

La bandeja de control se alejó de la fuente de emisión lo más posible ya que debía predominar la igualdad de condiciones en cuanto al riego, para que en ninguno de los dos lados tuviera mayor o menor cantidad de agua. Los niveles de señal que estaba recibiendo esta bandeja en promedio era de -30 dB



Foto 4. Imagen tomada 25/06/12 Bandeja No Irradiada (*posicionamiento de bandeja de control*)

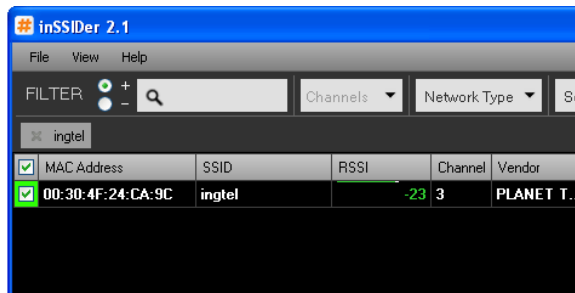


Imagen 2. Captura de pantalla tomada 21/06/12 Bandeja Control (*Niveles de señal Red Inalámbrica ingtel -23dB Lado B*)



Foto5. Imagen tomada 25/05/12 (*Antena Red Inalámbrica ingtel*).

En cuanto al monitoreo del experimento remotamente, se decidió a usar el programa TeamViewer, el cual permite conectar al PC dejado en el cuarto para poder ver factores como el clima, funcionamiento del sistema de riego, estado de los invernaderos y nivel de señal de la red inalámbrica.

Por lo tanto se procedió a tomar datos de estas variables, clima en terraza, pronóstico de clima por fuente autorizada por IDEAM, Temperatura ambiente en la ciudad, humedad ambiente en la ciudad y lectura de Wi-fi. (Anexo 1. Tabla de datos variables externas).

Durante el tiempo que transcurrió el experimento y como se puede apreciar en el Anexo1 la ciudad de Bogotá contaba con un clima de mayormente soleado, con muy pocas lluvias presentadas, temperatura bajas como en la noche y madrugada 7° y altas como en la tarde de 22°, con promedio de T 14°asi como de un promedio de humedad del 70%.



Foto6. Imagen tomada 17/06/12 8:00 AM (*Monitoreo desde PC horas mañana*)

Según fuentes, se recomienda que el cultivo de la arveja debe estar entre temperaturas de 6° y 20°, lo cual se cumplió durante el experimento, lo anterior es debido a que la planta se hiel por debajo de 3° o 4°¹⁵ según las fuentes de predicción del clima, en las madrugadas no se presentó este rango, por lo que no hubo influencia sobre este fenómeno natural.

En cuanto a la parte de comunicaciones permaneció encendido las 24 h del día todos los días del periodo estimado para el experimento, en el Anexo 1 se encuentran las lecturas recogidas para determinar que el enlace nunca se interrumpió. Para no hacer interferencia con las otras señales que habían en el sector se observó a través del InSSIDer que casi todos los canales de red inalámbrica estaban ocupados, con mayor número de Access Point configurados en Canales como el 1, 6 y 11 y entre estos canales habían configurados con menor número. Por lo que se escogió el canal 3 el cual durante el experimento no tuvo otra señal. Aproximadamente este se encontraba de 150 a 200 redes inalámbricas en el punto del experimento, sin embargo las lecturas no pasaban de -60dB mientras que la red ingtel habilitada para el experimento estuvo en promedio a -22dB. Ver imagen 3.

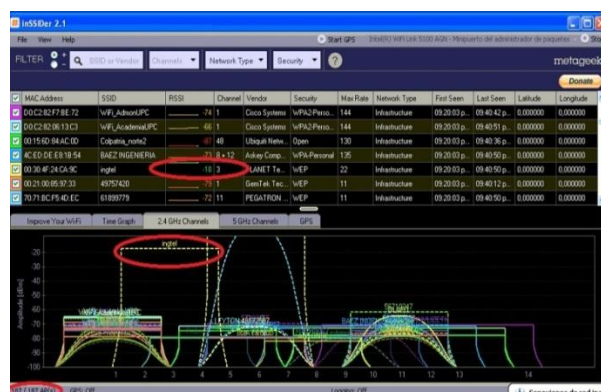


Imagen 3. Captura de pantalla tomada 25/06/12 (*Pantallazo redes inalámbricas desde terraza*)

¹⁵ Anónimo, Suplemento Rural Arveja. Abc Digital.

6. PRODUCTOS ACADEMICOS DESARROLLADOS DURANTE EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Según lo proyectado en la Ficha General de Proyecto de Investigación F6, con el proyecto realizado se quieren componer dos productos de generación de nuevo conocimiento o NCA. El primero un artículo dirigido a la revista de la Universidad Piloto de Colombia – PRE-TIL, en el cual se divulga el proyecto presentado desde el planteamiento de problema hasta sus resultados con información técnica de lo realizado durante el periodo del experimento, el segundo un artículo dirigido a la revista de la Universidad Nacional de Colombia – Gestión y ambiente, en cual se redactó un artículo similar al anterior pero con sentido ambiental, es decir con menos definiciones técnicas y con mayor contenido sobre el impacto ambiental de la tecnología estudiada.

Los dos artículos mencionados se les han realizado las modificaciones observadas por el tutor y se encuentran en fase de evaluación por el personal de edición de las revistas, a la espera de comentarios y posibles correcciones.

El actual documento el cual es Producto de formación, en el que se plasma lo realizado durante la etapa de semillero de investigación, de la que se optó por opción de grado, presentando los acontecimientos y observaciones que se realizaron para efectuar el proyecto antes descrito.

7. RESULTADOS OBTENIDOS

La toma de datos de las variables físicas de las plantas se realizó en 4 fechas, al inicio de brote (pasado 8 días después de sembrar), en etapa de crecimiento (aprox. 15 días después de sembrar), finalizando experimento (pasado 1 mes después de sembrar).

Las variables físicas tomadas son altura de tallo desde la superficie de tierra, (estirando con cuidado la planta recordando que esta especie es enredadera y no crece de forma recta), número de hojas y pigmentación de hojas. En cuanto a los grados de inclinación solo fue tomado en el último día del experimento ya que varía al estirar la planta, realizando la aclaración que entre el segundo y último periodo no hubo manipulación del tallo y por lo tanto no hay medición exacta de la altura alcanzada por la planta en este lapso de tiempo.

La posición de las plantas en los invernaderos se determinó de la siguiente forma



Foto7. Imagen tomada 25/05/12 Bandeja No Irradiada (*distribución o marcación de plantas*)

En la Tabla 2 y 3 se muestran los datos de acuerdo al crecimiento de las plantas en ambas bandejas, en la cual nos muestra las primeras plantas en brotar y altura del tallo, en cuanto a la bandeja irradiada a los 8 días de iniciar el experimento brotaron 5 semillas las más cercanas a la antena y esta tendencia la mantuvo con el crecimiento ya que apreciamos que estas 5 semillas crecieron mucho más que las otras semillas de la bandeja. También se puede apreciar que en el primer día de datos el promedio de altura es de 2,4 cm.



Foto8. Imagen tomada 21/06/12 Bandeja Irradiada (*Crecimiento de plantas y Número de hojas*)

A partir de los 15 días posteriores a la siembra, ya habían brotado otras 4 semillas para un total de 9 plantas en crecimiento en esta bandeja, su promedio fue de 9,42 cm, en la tercera fecha de 14 cm y en la última 16,5cm, donde hubo mayor crecimiento en las más cercanas a la antena, se aseguró la igualdad de condiciones en cuanto a luz y humedad de la tierra.

En la tabla 3 se aprecia los datos de la bandeja no irradiada a los 8 días de iniciar brotaron 4 semillas, no tuvieron patrón de similitud en alguna característica para que nacieran de primeras, su promedio de altura 2,9 cm; a comparación con la otra bandeja tuvieron unos centímetros de más que la zona irradiada, sin embargo tuvo 1 semilla menos germinada.



Foto9. Imagen tomada 21/06/12 Bandeja No Irradiada (*Crecimiento de plantas y N° de hojas*)

Después de los 15 días en la bandeja no irradiada crecieron otras 3 semillas para un total de 7 plantas en crecimiento, su promedio fue de 7,5 cm, en la tercera muestra de 11 cm y en la última fecha 14,1 cm.

Comparando las dos bandejas a pesar de que en la no irradiada crecieron un poco más en la primera muestra que en las de la otra bandeja, a partir de los 15 días la bandeja irradiada contenía las plantas de mayor crecimiento aprox. con 2 cm de más altura en promedio, como también la mayor bandeja con más plantas germinadas 2 plantas más que la bandeja no irradiada.

Se puede asegurar que la emisión de ondas electromagnéticas para esta especie de plantas, las estimula provocando mayor germinación y altura de crecimiento del tallo, es decir, las beneficia en las variables estudiadas, y afirmando que una planta con mayor altura puede lograr realizar la fotosíntesis con mayor facilidad que las plantas bajas pues deben buscar los espacios donde no haya la sombra de las más altas.

En las tablas 4 y 5 se cuentan el número de hojas que surgieron de los tallos en los diferentes periodos estudiados, la tabla 4 perteneciente a la bandeja irradiada la primera fecha hay un promedio de hojas por planta de 2,6 hojas, segunda fecha de 13,7 hojas, tercera fecha de 19,3 hojas y en la última muestra 23 hojas, cabe aclarar que se contaban las hojas desde las recién nacidas hasta las más grandes de aprox 2 cm de largo.

En la tabla 5 se observa que en la bandeja no irradiada la primera fecha tuvo en promedio 2 hojas, segunda fecha 12,2 hojas, tercera fecha 17,3 hojas y última fecha 18,3 hojas. De acuerdo a los datos anteriores se puede deducir que en las dos primeras muestras el número de hojas eran diferenciados por 1 de más en la irradiada, pero posterior a la toma 3 las plantas de la bandeja irradiada tuvieron mayor número de hojas notablemente ya la diferencia estaba entre 2 a 5 hojas.



Foto10. Imagen tomada 05/07/12 Bandeja Irradiada (*Medición altura de tallo*)

Con lo que podemos deducir que al igual que el crecimiento de altura de las plantas irradiadas en cuanto al número de hojas también se estimularon mientras que en la no irradiada siempre estuvo por debajo el número de hojas que la otra bandeja.

Respecto a la pigmentación de las plantas, predominó el color verde natural en esta especie, no hubo anomalías de acuerdo a este ítem en ninguna de las bandejas, por lo que se puede asegurar que en cuanto al cromatismo presentado por estas, no sufren cambios con agentes como las señales de comunicaciones inalámbricas.



Foto11. Imagen tomada 21/06/12 Bandeja Irradiada (*Pigmentación de hojas*)

En cuanto a los ángulos de desviación de crecimiento cabe recordar que muchas plantas no crecen totalmente verticales, o perpendicularmente al nivel del suelo, por factores como la misma gravedad, o posición con el sol, en el caso de este experimento se debía determinar si las ondas influían en el ángulo de crecimiento de esta especie.

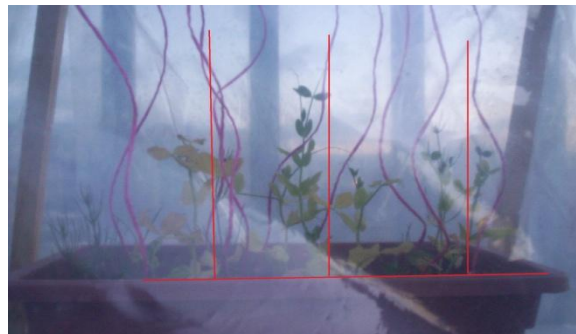


Foto12. Imagen tomada 05/07/12. Bandeja no Irradiada (*ángulo de desviación*).

En la anterior imagen de la bandeja no irradiada se agregaron líneas rectas perpendiculares al nivel de la bandeja, estas líneas son guías para determinar su ángulo, y como se aprecia las plantas crecieron verticalmente con algunos grados de desviación en promedio de 3° , lo cual no es significativo y no tuvieron que ser guiadas por los lazos de cabuya a pesar de que esta especie sea enredadera, otro factor que se pudo observar es que el tallo de estas plantas son fuertes, es decir, si había algún movimiento estos volvían a su posición tomada.



Foto13. Imagen tomada 21/06/12. Bandeja Irradiada (*ángulo de desviación*)

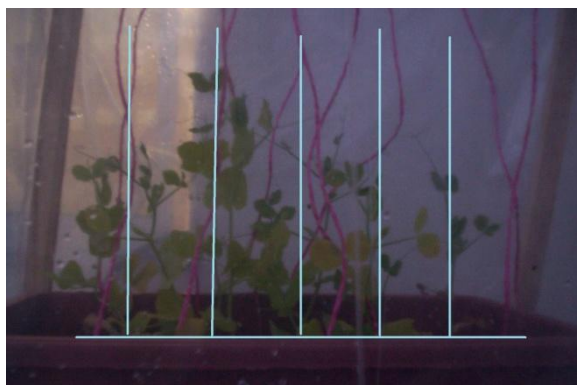


Foto15. Imagen tomada 05/07/12. Bandeja Irradiada (*ángulo de desviación*)

Las dos anteriores imágenes son tomadas de la bandeja Irradiada pero en diferentes tiempos, en la foto13 se observa que las plantas no crecen perpendicularmente sobre el nivel del suelo, pero a la vez no se puede determinar su ángulo de desviación porque se nota que en la parte inferior del tallo toman para la izquierda pero en la parte superior tienen tendencia hacia la derecha, y no todas toman este patrón solo hay una planta que si crece perpendicularmente que es la planta N°9 la primera de derecha a izquierda, en esa muestra los tallos no eran lo suficientemente fuertes para mantener su verticalidad, es decir, crecían más en forma de enredadera formando espirales sobre la guía de cabuya, sin embargo se estaban amontonando entre si y enredando entre las mismas plantas, por lo que se hizo separación y que la guía asumiera su papel, esto no con el fin de alterar los resultados si no de indagar si con las guías las plantas seguían el patrón de ondas emitidas por la antena.

En la foto 14 de la misma bandeja se notan las plantas ayudadas por las guías de cabuya, sin embargo no corrigieron el ángulo de desviación y seguían creciendo con ángulos distintos algunos con principio de tallo hacia la izq y terminando la punta en hacia la derecha. Otras plantas en viceversa y la planta 9 se nota que empezaba su desviación hacia la izquierda, es decir, contrario al sentido de emisión de las ondas.

Por lo anterior sepuedeasegurar que las ondas si afectan el ángulo de desviación de crecimiento en este tipo de plantas, no siguiendo su sentido de emisión, si no en dirección contraria, los tallos irradiados crecen de forma desorganizada sin ningún patrón común entre ellos, esto también puede ser producido porque como se vio antes las plantas se estimularon por la irradiación recibida haciéndolas crecer más rápido con mayor número de hojas haciendo su tallo inestable y con desviaciones notorias comparados con las líneas de guías.

Caso contrario en las plantas no irradiadas, en las cuales crecieron perpendicularmente sin mucha desviación con menor inestabilidad en el tallo presentado, con mayor dureza pero con menor crecimiento y número de hojas.

Se puede decir que las comunicaciones inalámbricas son un agente externo que inducen en cambios a las plantas, en algunos casos las beneficia pero en otros las perjudica, sin embargo esto se hizo en un corto plazo, es decir, solo por un mes. Pero las plantas que han sido irradiadas por años como se vio en los estudios realizados mostraron cambios más notorios, sin embargo faltan estudios de lo que pase al interior de las plantas su valor nutricional, su expectativa de vida entre otras. Cabe recordar que esto no es un llamado para acabar o apagar todas las fuentes de emisión de ondas electromagnéticas, solo es un simple llamado a las autoridades pertinentes de estar monitoreando el espectro para amonestar a personas inescrupulosas que modifican los equipos para beneficio propio, o del uso excesivo de terminales inalámbricas uso extendido hasta en nuestras horas de descanso.

8. CONCLUSIONES

Se determinan varios sectores ambientales que se están afectando por las comunicaciones móviles, donde se debe realizar una reglamentación rigurosa, que debe mantener estas comunicaciones dentro de un estándar de medidas de radiación electromagnética, en donde actualmente solo se reglamenta la parte física, es decir, lo que es visible y podemos observar sin ningún problema, mientras como se ha definido esta contaminación como invisible siendo más peligrosa y por su característica más importante la invisibilidad nadie la percibe.

En cuanto a especies como la arveja, este tipo de radiaciones artificiales benefician a la planta en aspectos como altura de crecimiento y mayor cantidad de hojas, logrando una mejor fotosíntesis, sin embargo su estructura interna es debilitada, como un hecho confirmado es que el tallo es menos fuerte y por lo tanto no es auto sostenible.

Lo anterior quiere decir que no es una clara ventaja de una arveja irradiada con ondas no ionizantes a otra que no sea irradiada, ya que como esta especie es enredadera, puede toparse con otra planta vecina enredarse entre las dos, como consecuencia de este hecho puede determinar daños o hasta la muerte.

A pesar de que la radiación electromagnética permite un mayor crecimiento, en un plazo de un mes, ninguna de las plantas floreció o emergió fruto, quiere decir que puede crecer más pero no se ha desarrollado más rápido que la no irradiada.

La pigmentación en ninguno de los casos se vio afectada, en esta especie se puede observar cambios en su color debido a: falta de agua, exceso de calor, épocas de heladas, exceso de agua, entre otras; por lo que la radiación no es un agente que cambie este ítem.

9. BIBLIOGRAFIA

- Balmori, Alfonso. ¿Pueden afectar las microondas pulsadas emitidas por las antenas de telefonía a los árboles y otros vegetales? En: *Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. (Septiembre 2004) Recuperado el 10 de Mayo del 2010 de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=29>

- Kiernan, V. 1995. Bosque crece alto en las ondas de radio. *New Scientist* . Recuperado el 10 de Mayo 2010. De <http://www.newscientist.com/article/mg14519600.500-forest-grows-tall-on-radio-waves.html>

- Ecologistas en Acción (2007 Junio). Dia Internacional contra la Contaminación Electromagnética. Recuperado el 01 de Octubre 2012. De <http://www.ecologistasenaccion.org/article8515.html>

- Decreto N° 195. Por el cual se adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 31 de Enero de 2005. Recuperado el 02 de Octubre 2012. De <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15860>

- Resolución N°1645. Por la cual se reglamenta el Decreto 195 de 2005. Bogotá, 29 de Julio de 2005. Recuperado el 02 de Octubre 2012. De <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=17461>

- Petición Pública. (2011 Junio). Manifiesto contra la Contaminación electromagnética. Recuperado el 01 de Octubre 2012. De <http://www.peticionpublica.es/?pi=p2011n11592>

- “Bogotá, llena de antenas de Telecomunicaciones”, ADN BOGOTA, 25-06-12, p 3.

- Ortiz, Juan Diego, “La contaminación electromagnética, un mal oculto en el hogar”, ADN BOGOTA, 23-07-12, Recuperado el 03 de Octubre 2012. De

<http://diarioadn.co/medell%C3%ADn/mi-ciudad/la-contaminaci%C3%B3n-electromagn%C3%A9tica-un-mal-oculto-en-el-hogar-1.13166>

- Bonet, Sanchez Antonio, (1991) Gran enciclopedia educativa. Ediciones Zamora Ltda. Recuperado el 05 de Mayo del 2010 de <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/2006/10/que-es-la-contaminacion-ambiental.html>

- Alcañiz, Epifanio, Campos electromagnéticos. Radiestesia y salud. Recuperado el 01 de Octubre del 2012 de http://www.radiestesiaysalud.com/campos_electromagneticos.htm

- Torrego, A. (2000, Noviembre). Campos Electromagnéticos. *Congreso Nacional del Medio Ambiente*. Recuperado el 10 de Mayo del 2010 de <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=794>

- Garcia, Susana (Abril, 2005) La salud humana y los campos electromagnéticos de frecuencia Extremadamente Baja (CEM-FEB). Artículo Asociación Toxicológica Argentina. Recuperado el 02 de Octubre 2012 de http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/cem_feb.pdf

- Nota descriptiva N° 322 (2007, Junio). OMS Serie Criterios de Salud Ambiental, Vol. 238. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2007. Recuperado el 10 de Mayo del 2010 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs322/es/index.html>

- Anonimo, Suplemento Rural Arveja. Abc Digital. Recuperado el 01 de Octubre del 2012 de <http://archivo.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid=249722>

- Torres Javier, Ochoa Martha (2007, Junio). Criterios tecnicoambientales para el análisis del riesgo por contaminación electromagnéticas no ionizantes en Colombia. Recuperado el 01 de Octubre del 2012 de <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=324>