

34



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS IZTACALA

FERTILIZANTES ORGANOMINERALES

280080

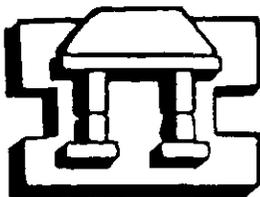
TRABAJO DE TESIS POR  
EXPERIENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O  
P R E S E N T A :

JUAN CARLOS FLORES CORDOVA

DIRECTOR: ING. VICTOR M. URBINA BOLLAND



IZTACALA

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios como creador.

A mis padres Jaime Flores Villasana y María Cristina Córdova Ordoñez, por su confianza y apoyo incondicional.

A mis hermanos y familiares en especial a mi padrino Don Alfonso Córdova Ordoñez por su insistencia en conseguir mi titulación.

A mis compañeros y profesores de universidad y el excelente equipo con quién conviví que son Francisco León Ojeda, Francisco Parra Durán y José Carlos Vera Castello.

A mi esposa Patricia Rodríguez Aguilera y mis hijos Juan Carlos y Victor Manuel por quienes soy un esposo y padre feliz.

A todo el personal de Química Foliar S.A. de C.V. y en especial al profesor Ingeniero Químico Victor Manuel Urbina Bolland quién aceptó ser el director de ésta tesis que por actividad empresarial presento y a quién debo lo que soy en mi vida profesional.

Y por último, como al principio a Dios.

Naucalpan, Edo. de México, a 29 de agosto, 2000.

### **Reporte de Tesis por Actividad Profesional**

**Nombre de la institución:** Química Foliar, S.A. de C.V.

**Opción de titulación:** Actividad profesional.

**Título de la actividad profesional realizada:** Fertilizantes organominerales.

**Nombre de la carrera:** Biología.

**Nombre del sustentante:** Juan Carlos Flores Córdova.

**Número de cuenta:** 8153177-0

**Director de tesis:** Ingeniero Químico Víctor Manuel Urbina Bolland.

## INDICE

PROLOGO.....	Página 3
RESUMEN.....	Página 4
INTRODUCCION.....	Página 6
MARCO TEÓRICO.....	Página 7
MARCO DE REFERENCIA.....	Página 28
DESARROLLO PROFESIONAL.....	Página 31
TRES ESTUDIOS DE CASO.....	Página 33
DISCUSION .....	Página 35
CONCLUSION.....	Página 39
BIBLIOGRAFÍA.....	Página 40

## PROLOGO

Siguiendo la enseñanza de los ancianos, los aztecas acostumbraban fertilizar sus cultivos enterrando en la base de cada planta un pescado como ofrenda a la diosa de la tierra. Esta sencilla lección se transmitía de padres a hijos como la más valiosa herencia que les pudieran dejar.

Hoy en día, no hay agricultor, por muy iletrado que sea, que no reconozca los beneficios de proveer su siembra con fuentes orgánicas para incrementar la productividad del cultivo. Esas fuentes tradicionales, como el estiércol, funcionaban bien en el pasado. Sin embargo, el incremento de las superficies sembradas dificulta cada vez más el uso de esta provisión natural de nutrientes, y en consecuencia se ha incrementado el uso de fertilizantes inorgánicos que si bien, son útiles, no suplen los beneficios de la fuente orgánica.

Es innegable que la tecnología actual nos brinda nuevas opciones, balanceadas de acuerdo a cada cultivo, que no sólo reportan mayores rendimientos, sino que además son económicas y de aplicación práctica. Por desgracia, a lo largo de mi trayectoria profesional, me he percatado de que las grandes empresas productoras de fertilizantes han dejado de lado la valiosa lección del pasado: la importancia de los productos orgánicos.

El ácido fúlvico, que es el extracto de la parte activa del humus, en combinación con nutrimentos inorgánicos aplicados al suelo o foliarmente, tiene efectos altamente benéficos dentro de la planta y en los suelos, gracias al sinergismo que se presenta.

Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer al lector el trabajo que he desempeñado durante catorce años como biólogo impartiendo cursos y pláticas en el campo y en empresas comercializadoras de fertilizantes, para difundir y concientizar a los agricultores y productores a nivel mundial del enorme beneficio para la agricultura que se deriva del uso de esta valiosa herramienta: el ácido fúlvico.

## RESUMEN

Después de conocer que en la Universidad Nacional Autónoma de México, existían nuevas alternativas de titulación, encuentro con agrado que la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, institución de la cual salgo en la generación 81-84 ofrecía opciones distintas para conseguir la titulación, misma que no había podido llevar a cabo por el hecho de haber empezado a trabajar en 1986 con las correspondientes obligaciones que esto conlleva y en consecuencia que me impedían obtenerla por el sistema tradicional con la elaboración de un trabajo experimental de tesis.

Así se inicia la titulación por actividad profesional que como requisito solicitaba una experiencia laboral de 5 años como mínimo, aspecto que cumplía con facilidad debido al hecho de contar con 14 años cumplidos de trabajo en una empresa 100% mexicana, llamada Química Foliar S.A. de C.V. con el giro principal de fabricación de fertilizantes foliares de calidad desde 1967, elaborándolos para empresas transnacionales Alemanas y Suecas en México y en distintas partes del mundo.

En este trabajo se narra la trayectoria profesional obtenida desde el 6 de febrero de 1986 a la fecha, en la cual ingreso desde un principio con algo que consideré fuera de lugar para mi carrera, vender fertilizantes.

No mucho tiempo después supe que para vender profesionalmente este tipo de productos se requiere de todo el soporte que obtuve en la licenciatura, desde el punto de vista del conocimiento que había que aplicar principalmente en los temas relacionados con edafología, fisiología vegetal y bioquímica entre otros, para dar recomendaciones de uso adecuado así como de química por ser la base para la obtención de fórmulas balanceadas y eficientes para la nutrición de los vegetales.

De esta forma es como se inicia la asistencia de mercados locales, participando además en el desarrollo de productos nuevos como bioestimulantes entre otros, aportando ideas que se hicieron realidad saliendo fertilizantes a la venta con las adiciones de los reguladores de crecimiento sugeridos o nutrientes indicados.

En 1989 se desarrolla en Química Foliar S.A. de C.V. una técnica para la obtención del extracto activo del humus llamado ácido fúlvico, del cual tuve que investigar para conocer mas a fondo las características de beneficios directos e indirectos para los cultivos.

En 1990 se me asciende para asistir la Gerencia de Ventas de la empresa, con la responsabilidad de atender localmente a empresas extranjeras, así como el mercado 4

internacional, teniendo la oportunidad de viajar a la Ciudad de Nueva York para asistir a un congreso mundial de la ADIFAL que es la Asociación de la Industria de Fertilizantes de América Latina para conocer el potencial de mercado de los fertilizantes inorgánicos y la participación de los fertilizantes orgánicos y posteriormente viajar en 1993 a España por conocer que este País es uno de los que en Europa vende grandes volúmenes de sustancias húmicas, encontrando con asombro a más de 50 empresas establecidas comercializándolos.

Además este trabajo tiene como objetivo, dar a conocer al lector el trabajo que he desempeñado durante este tiempo como biólogo, impartiendo cursos y pláticas en el campo y en empresas comercializadas de fertilizantes para difundir y concientizar a los agricultores y productores a nivel mundial del enorme beneficio para la agricultura que se deriva del uso de los fertilizantes organominerales utilizando nutrimentos inorgánicos en forma adecuada y balanceada y al ácido fúlvico como la parte orgánica con beneficios tanto en aplicación foliar como al suelo por el sinergismo existente. Y especificando por medio del marco teórico una reseña histórica en donde se puede apreciar claramente como, el tema de la materia orgánica ha sido motivo de controversia desde el siglo XVIII.

Así mismo se soportan intencionalmente con distintas referencias antiguas alrededor del mundo, evidencias de los efectos positivos de los ácidos fúlvicos en aspectos varios tanto del metabolismo de los vegetales como en beneficio de los suelos física, química y biológicamente, para así puntualizar que no estamos hablando de un tema nuevo y que la materia orgánica ha sido y será una herramienta valiosa para incrementar la fertilidad de los suelos y la promoción de la vida microbiana, con una correlación directa en la productividad de las plantas, con un solo objetivo que es dar la confianza al usuario que invierta en aplicar esta alternativa que de nuevo tiene únicamente el hacer práctica y económica una aplicación de la parte activa del humus que es el ácido fúlvico.

También se incluyen citas bibliográficas más recientes para conseguir nuevamente el objetivo anteriormente indicado y de esta forma insistir de la manera más atenta que se incluyan en los programas de fertilización a los ácidos fúlvicos como una práctica común que con el tiempo traerá por consecuencia disminuir las grandes superficies que se presentan con graves condiciones de deterioro en la República Mexicana, por los bajos niveles de materia orgánica.

Después de un breve marco de referencia del mercado actual de los fertilizantes organominerales y de la presentación a detalle del desarrollo profesional, se concluye con tres estudios de caso de un gran número de evidencias que se han podido realizar directa o indirectamente durante éste tiempo.

Dichas experiencias técnico-científicas y comerciales con respuestas positivas en diferentes aspectos, sustentan la idea de que al agregar sustancias organominerales a los cultivos el valor económico queda soportado ya que éste depende de la calidad y productividad ligado al aspecto costo beneficio.

## INTRODUCCION

Con el apoyo del Ing. Victor Manuel Urbina Bolland director de Química Foliar S.A. de C.V. y director de la tesis que presento por actividad profesional, así como del selecto grupo de sinodales que se me asignan desarrollo el tema:

**"Los fertilizantes organominerales"**.

El giro principal de la empresa es la fabricación de fertilizantes foliares y radiculares de calidad desde 1967. Así se inicia la actividad profesional que hasta hoy se desempeña y que comprende del 6 de febrero de 1986 a la fecha.

Los conocimientos adquiridos como base sólida en el transcurso de la carrera de biología, complementado con la actividad profesional y la experiencia práctica adquirida me permiten llevar a cabo pláticas a biólogos y profesionistas de carreras relacionadas y que tienen que ver con la nutrición de cultivos hortícolas, frutícolas y de viveros forestales enfatizando la importancia de los fertilizantes organominerales para aplicación al suelo y la alternativa foliar como herramienta complementaria.

Además de este aspecto que considero como parte de la utilidad que desempeño con la actividad profesional en beneficio de otros profesionistas, tuve la oportunidad de invitar a laborar a un compañero de equipo y amigo de la licenciatura que es el Biol. José Carlos Vera Castello quién actualmente ocupa el puesto de Gerente de Producción en la empresa.

Dentro de los métodos y técnicas que utilice para llevar a cabo dicho proyecto se encuentran, el haber aprovechado la experiencia del Ing. Químico Victor M. Urbina Bolland quién se ha dedicado desde hace 32 años a la fabricación de fertilizantes foliares y está considerado en el medio industrial como el precursor en la manufactura de fertilizantes foliares de calidad en la República Mexicana.

De esta forma y con el soporte de la carrera de biología pude conocer los diferentes procesos de elaboración y elementos que componen a estos nutrimentos, consiguiendo incrementar su uso en beneficio de la agricultura a nivel mundial.

## MARCO TEÓRICO

La vida de las plantas sobre la tierra se originó en el mar. Todos los factores de crecimiento como agua, luz, dióxido de carbono y sales inorgánicas eran absorbidos a través de toda la superficie de la planta. La adaptación ocurrió cuando las primeras plantas emergieron al medio terrestre, promoviéndose por las dos fases ambientales de luz y oscuridad una separación de funciones donde la actividad fotosintética ocurre en hojas verdes en presencia de luz y dióxido de carbono y la absorción de agua y nutrientes ocurre en raíces en la oscuridad del suelo.

Por lo tanto, durante el curso de la evolución las raíces de las plantas terrestres perdieron su capacidad para fijar dióxido de carbono en fotosíntesis para únicamente actuar como órganos de absorción y anclaje. En contraste, sin embargo, las hojas verdes y otras partes aéreas de las plantas, las cuales son los sitios primarios para la fotosíntesis, nunca perdieron su capacidad para absorber agua y nutrientes. La capacidad de las partes aéreas de las plantas para tomar materiales aplicados en aspersión constituye el fundamento para la alimentación foliar con fertilizantes. Aseveración hecha por Wittwer et al a mediados del siglo XX.

Los efectos benéficos de agregar al suelo sustancias minerales se conocen por más de 2000 años.

Existen referencias de la nutrición organomineral de las plantas en Londres desde mediados del siglo XVII, donde Bacon creía que las plantas absorbían un jugo orgánico del suelo indispensable para su sustento. Para éste mismo tiempo en Alemania, se tienen los primeros reportes de elementos contenidos en el interior de las plantas denominándolos “elementos terrosos” que posteriormente se comprueba que contenían nitrógeno. Además Woodward demuestra que las plantas responden a varias fuentes de agua en el siguiente orden: extracto de agua del suelo > agua de río > agua purificada.

Posteriormente a principios del siglo XIX, De Saussure demuestra que las plantas sintetizan sustancias orgánicas del CO<sub>2</sub> y agua, y Thaer enfatiza además el papel directo de las sustancias húmicas en la nutrición y crecimiento de las plantas apoyando la “teoría del humus” la cual sugiere que el humus es el componente mayor de la nutrición de las plantas proporcionando carbono (C) y otros nutrimentos. Y a mediados del siglo XIX Sprengel y Liebig soportan la evidencia en contra de la “teoría del humus” y proveen información fundamental sobre el papel de los minerales en la nutrición de las plantas. Así mismo en la Universidad de Michigan, se corrige una clorosis agregando fierro, y Knop hace crecer plantas con 11 nutrimentos, y Grandeau continúa apoyando la “teoría del humus“.

Después a principios del siglo XX Lawes y Gilbert trabajando en Rothamsted Inglaterra, demuestran que la fertilidad del suelo puede ser mantenida por algunos años aplicando solamente fertilizantes minerales.

Por otro lado Maze comprueba que es necesario agregar otros elementos en pequeñas cantidades denominados microelementos en beneficio del desarrollo de las plantas.

Sin embargo, la controversia entre la teoría mineral y del humus no finalizó con aquellos experimentos. Científicos han demostrado que se requiere de mayor experimentación para determinar el beneficio del humus sobre el crecimiento de las plantas y para determinar los posibles efectos sinérgicos entre las sustancias húmicas y los minerales.

Posteriormente Bottomley publicó una serie de documentos en los cuáles muestra que las sustancias húmicas combinadas con soluciones minerales promueven de forma mas eficiente el crecimiento de las plantas que aplicados por separado. También demuestra que las sustancias húmicas actúan como hormonas de crecimiento y las llama "auximonas". Otros investigadores Olsen, y Burk et al., atribuyen a las sustancias húmicas el crecimiento de las plantas por promover la solubilización de algunos minerales tales como el fierro. (Chen Y. & T. Aviad, 1990).

Por otro lado para éste tiempo Arnon y Stout., establecen los criterios para considerar como esenciales a los elementos, presentando las siguientes características:

- Ser parte constituyente de las plantas e intervenir en procesos enzimáticos.
- Que la ausencia del elemento provoque malformaciones, deficiencia en el crecimiento y, en casos severos, la muerte del vegetal.
- Tener funciones específicas e irremplazables.

El Dr. H.B. Tukey Sr. Exjefe del Departamento de Horticultura de la Universidad de Michigan (1964), en coordinación con la Comisión de Energía Atómica del Gobierno de los Estados Unidos inició sus investigaciones sobre la absorción de nutrientes por las partes aéreas de las plantas demostrando que la absorción y traslocación de nutrimentos al interior de la planta, marcados con sustancias radioactivas, es de 6 a 20 veces superior a la absorción radical, contradiciendo la teoría en la que se suponía que las plantas únicamente absorbían nutrimentos por la raíz y catalogándola entonces como una herramienta complementaria de gran utilidad.

Los primeros experimentos se iniciaron con fósforo radioactivo, (fosforo 32 que emite radiaciones beta). Las plántulas de frijol proporcionaron un material vegetal convenientemente representativo. El fósforo en forma de  $H_3PO_4$  se goteó sobre la superficie foliar.

Las plantas se cosecharon 24 horas después y se montaron para secado a 70 grados centígrados deteniéndose el transporte de nutrientes. En estas condiciones es posible realizar un auto-radiograma que permitiera responder a las preguntas básicas ¿Podría llevarse a cabo la absorción? ¿El fósforo radioactivo había sido transportado a otras partes de la planta...hacia las partes de crecimiento activo?

Este experimento relativamente simple fue altamente significativo y dio origen a otros más.

Se estudiaron también desde el punto de vista de la absorción foliar y movilidad en la planta otros elementos de importancia para la nutrición vegetal entre estos: sodio, magnesio, zinc, rubidio, estroncio, molibdeno y bario.

Usando radioisótopos de estos elementos como trazadores y usando técnicas similares a las utilizadas para estudiar fósforo radioactivo, se fue acumulando mas información relacionada con la absorción de nutrientes por las partes aéreas de las plantas.

Se determinó que el potasio, el sodio y el rubidio son absorbidos muy rápidamente y son altamente translocables. El fósforo, el azufre y el cloro se absorben más lentamente pero son también translocados muy rápidamente. El manganeso, el zinc, el cobre y el molibdeno se translocan mas lentamente.

El calcio, el estroncio, el bario y el magnesio se absorbieron rápidamente pero no se movilizaron fuera de la hoja sobre la que se aplicaron.

Aun cuando normalmente el calcio no se transloca fuera de la hoja donde se aplica, se encontró que este elemento se moviliza rápidamente hacia el interior de la planta cuando la hoja tratada se somete a vapores de eterdietílico.

Después fue preciso evaluar la eficacia relativa de las aplicaciones de nutrientes por la vía foliar, comparándola con la tradicional vía de aplicación al suelo.

Se usaron tres clases de suelos: migajón arenoso, migajon arcilloso y suelo orgánico. Se utilizaron plantas uniformes de tomate como especímenes experimentales y los diseños se hicieron al azar con sus respectivas repeticiones. Se utilizó nuevamente el fósforo radioactivo como nutriente trazador. La pregunta era ¿Cuál resultaba más eficiente, la aplicación foliar o la aplicación al suelo?

Tres semanas después de las aplicaciones iniciales al suelo y al follaje, se cosecharon las plantas para analizar el fósforo total y la radioactividad que permitiera determinar el porcentaje de contribución para cada uno de los métodos de aplicación. Los análisis de los frutos cosechados demostraron que la aplicación foliar era más eficiente que la aplicación al suelo, en los tres tipos de suelos estudiados.

En el migajón arcilloso y en el suelo orgánico la aplicación foliar fue seis veces más eficiente que la aplicación al suelo, pero en el caso del migajón arenoso, la aplicación foliar resultó ser veinte veces más eficaz que la aplicación al suelo.

Hasta hoy se conocen 16 nutrientes esenciales, clasificando como macronutrientes al C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo, Co, diferenciándolos así en relación a la cantidad que es requerida por las plantas.

La función general de los macronutrientes es ser constituyentes de compuestos orgánicos, proteínas y ácidos nucleicos y la de los micronutrientes ser constituyentes de enzimas.

Asimismo, las sustancias orgánicas aplicadas al suelo o follaje tienen diferentes efectos directos e indirectos que se especifican a continuación:

Para comenzar, es importante entender que se considera como materia orgánica de un suelo al conjunto de componentes orgánicos complejos de origen animal o vegetal que se encuentran en diferentes estados de descomposición o transformación.

Dicha descomposición es efectuada por los microorganismos en forma continua y en diferentes fases hasta su mineralización.

Una de las fases más importantes es la humificación, proceso por el cual la materia orgánica, por la acción de los microorganismos, se transforma en un conjunto de compuestos estables de color oscuro y de naturaleza coloidal que forman lo que llamamos humus, el cual está constituido por las llamadas sustancias húmicas. Estas, finalmente, estarán compuestas de ácidos húmicos y fúlvicos y se identificarán por ser solubles en medio alcalino, presentan reacción ácida y se combinan con la arcilla y con las bases formando sales o humatos. El complejo arcilloso-húmico cálcico base de la estructura granular de un suelo estable.

Los ácidos húmicos son aquella fracción del humus soluble en medio alcalino y que precipita en forma de producto negro y amorfo en medio ácido. Químicamente son complejos y están formados por compuestos aromáticos, azúcares, aminoácidos y estructuras alifáticas principalmente.

Los ácidos fúlvicos son aquella fracción del humus soluble en medio alcalino, neutro y ácido; químicamente están constituidos por polisacáridos, compuestos fenólicos y aminoácidos principalmente. En el suelo se encuentran ligados a los óxidos de Fe, arcillas y compuestos orgánicos, tienen propiedades reductoras y forman compuestos estables con el Fe, Ca, Mg y Cu entre otros.

A continuación se presenta el diagrama de obtención de los ácidos fúlvicos (Fig. 1), la estructura tipo (Fig. 2 y Fig. 3), análisis elemental de los ácidos fúlvicos y húmicos (Fig. 4) y una comparación por RMN (resonancia magnética nuclear), donde se anuncia el producido por Química Foliar como Méxiko FA. (Fig. 5).

Justus Von Liebig  
hizo esta  
clasificación hace  
mas de 130 años.

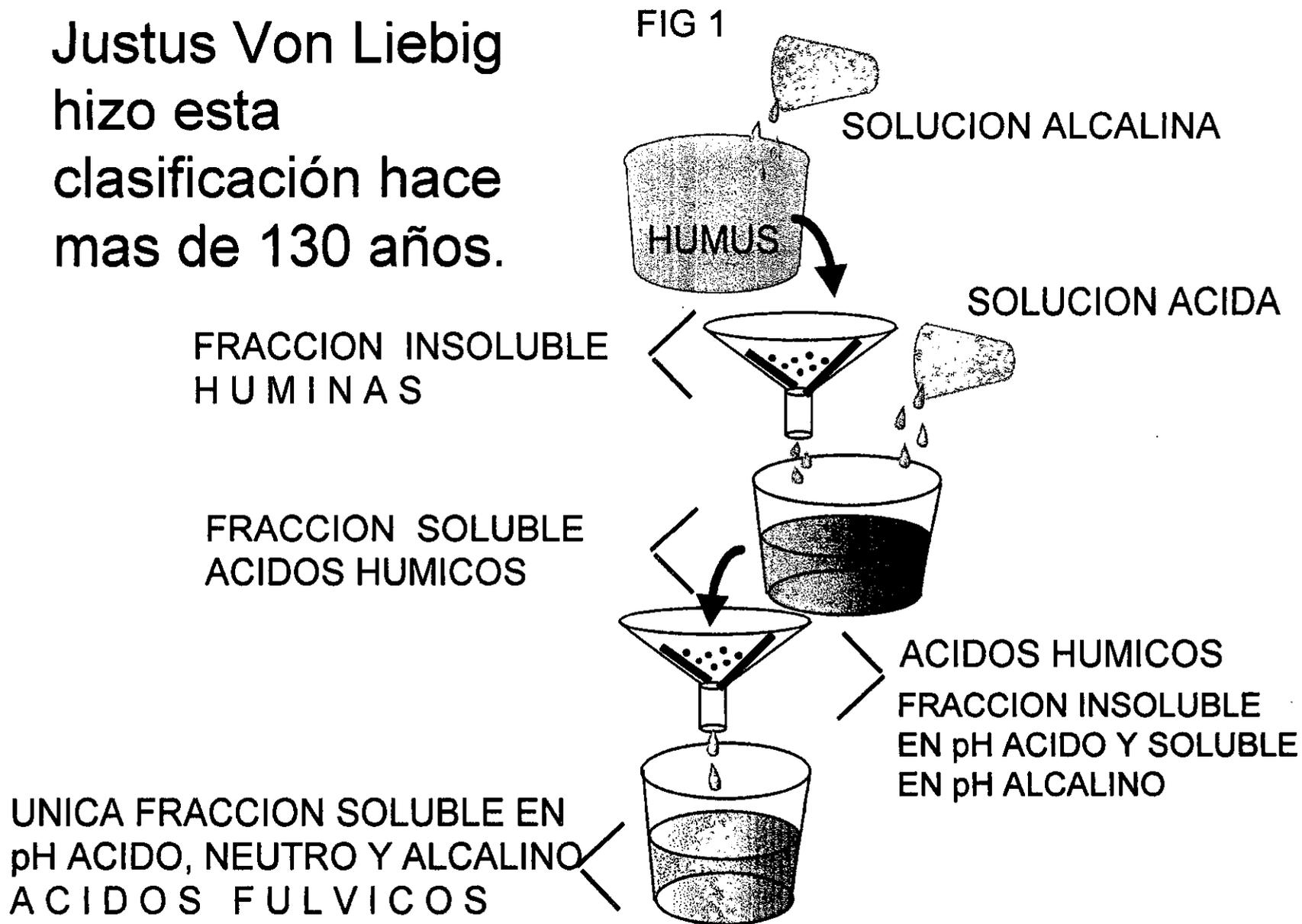
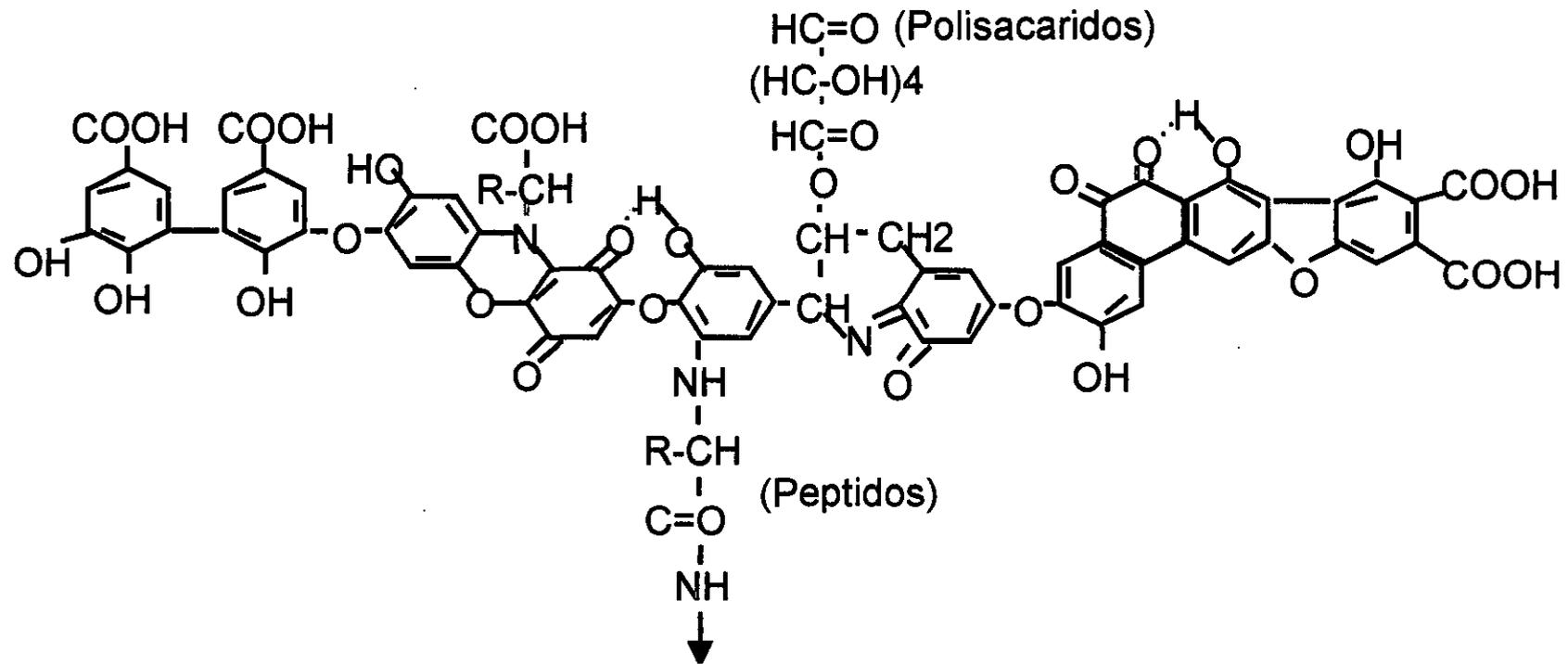


FIG. 2

# Estructura típica del ácido fúlvico



Ver bibliografía Mortvedt J.J., P.M. Giordano y W.L. Lindsay. 1972. Micronutrients in Agriculture.

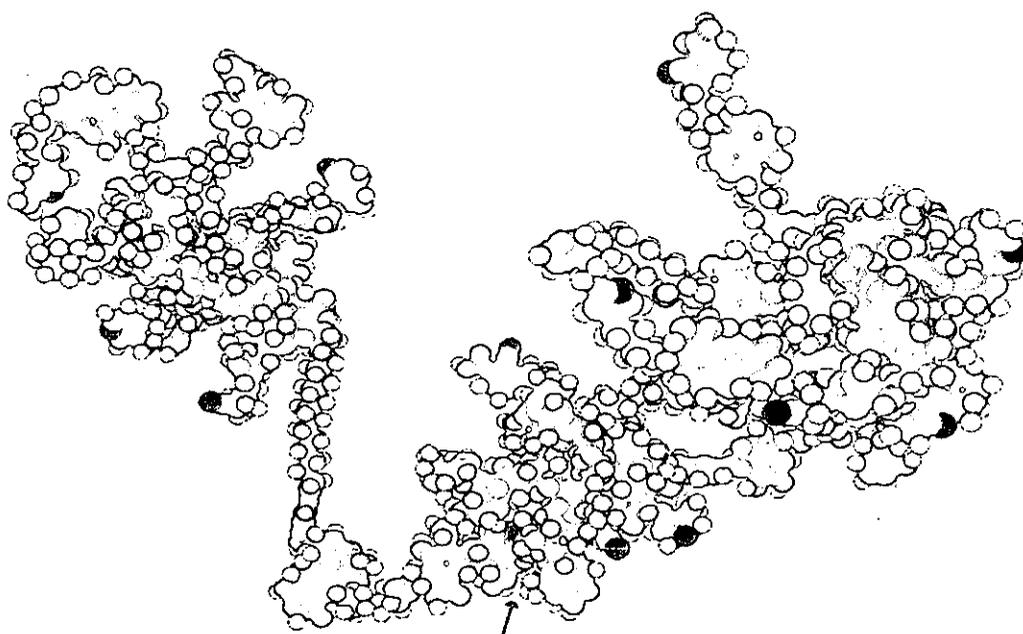


Figura No. 3

Estructura en tercera dimensión de un trimero abierto del ácido fúlvico. Las esferas blancas representan los átomos de hidrógeno, las de color azul claro átomos de carbono, las de color rojo átomos de oxígeno, y las de color azul oscuro representan átomos de nitrógeno. (Gaffney, Marley, & Clark, 1996).

# Análisis elemental de ácidos fúlvicos y húmicos

FIG. 4

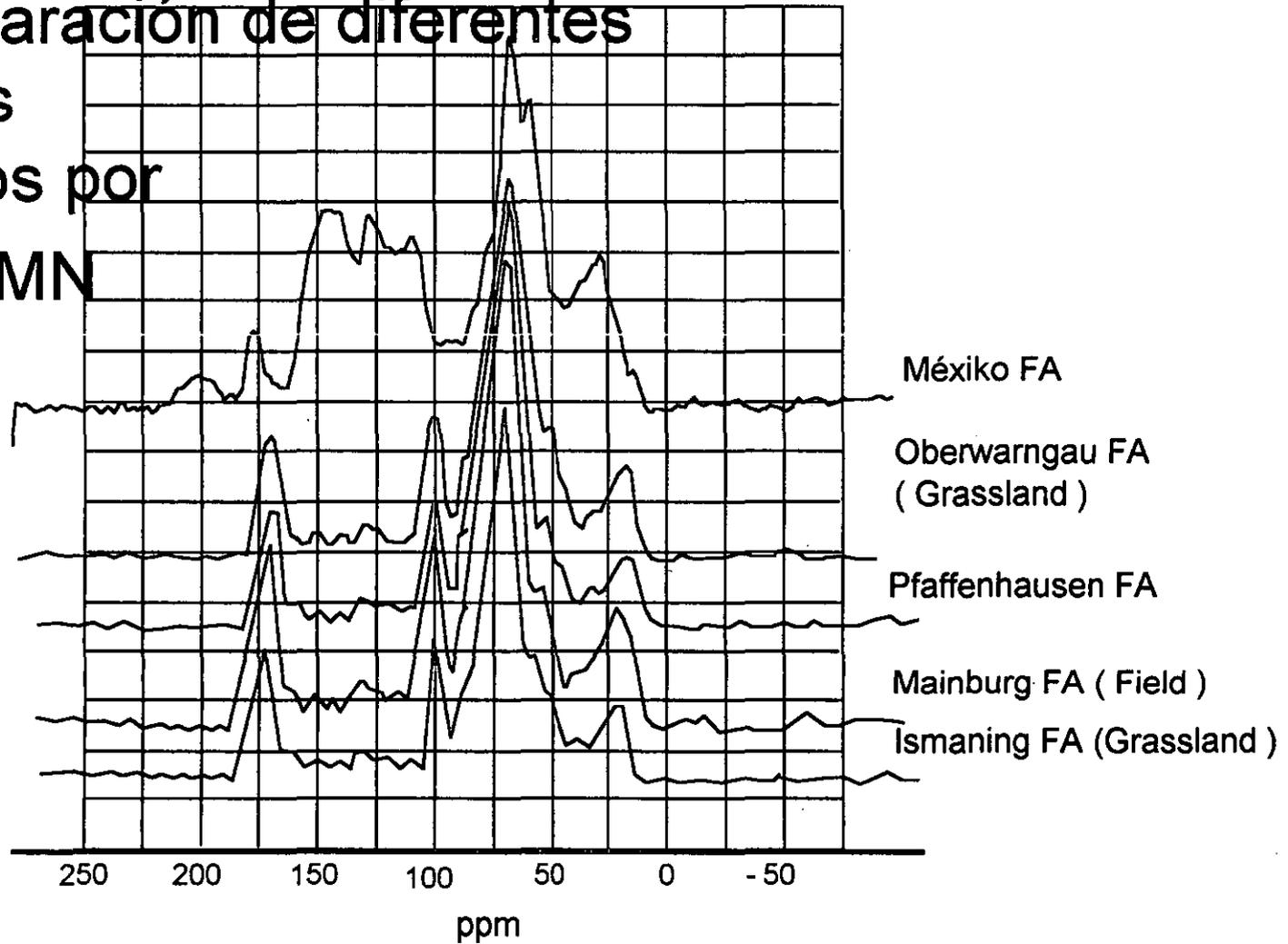
ELEMENTO (%)	AH	AF
CARBONO	56.4	50.9
HIDROGENO	5.5	3.3
NITROGENO	4.1	0.7
AZUFRE	1.1	0.3
OXIGENO	33.9	44.8
GRUPOS FUNCIONALES	AH	AF
ACIDEZ TOTAL	6.6	12.4
(COOH)	4.5	9.1
FENOLICO (OH)	2.1	3.3
ALCOHOLICO (OH)	2.8	3.6
QUINOIDEO (C=O)	2.5	0.6
CETONICO (C=O)	1.9	2.5
(OCH)	0.3	0.1

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Humic Substances effects on soil and plants. REDA.

FIG. 5

Universidad de Regensburg Alemania.

Comparación de diferentes  
ácidos  
fúlvicos por  
 $^{13}\text{C}$ RMN



Las sustancias húmicas promueven el desarrollo de las plantas directamente a través de efectos fisiológicos y nutricionales, e indirectamente afectando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Es generalmente aceptado por los científicos del suelo y fisiólogos, que el crecimiento de las plantas y su productividad están fuertemente determinados por la nutrición mineral, una adecuada relación agua y aire en raíces y condiciones ambientales convenientes tales como luz y temperatura. Sin embargo, un número de estudios en adición a los mencionados anteriormente sugieren que la materia orgánica también afecta el crecimiento de las plantas.

Correlaciones entre el contenido de materia orgánica de los suelos y la productividad de las plantas son reportados en la literatura. (E.g., Scharpf, 1967; Agboola, 1978; Lykov, 1978; Ojenhiyi & Agbede, 1980; Li et al., 1981; Pilus Zambi et al., 1982; Rebufetti & Lubunora, 1982; Olsen, 1986).

Está bien establecido que la materia orgánica del suelo puede afectar la fertilidad del suelo indirectamente a través de los siguientes mecanismos:

- Suministrar minerales como N, P, K y micronutrientes a las raíces.
- Mejorar la estructura del suelo y por lo tanto mejorar la relación de agua/aire en la rizosfera.
- Incrementar la población microbial.
- Incrementar la capacidad de intercambio catiónico total (CICT) y la capacidad tampón del suelo.
- Suministrar compuestos bioquímicos definidos a las raíces de las plantas, tales como acetamidas y ácidos nucleicos (Hutchinson & Miller, 1912).
- Suministrar sustancias orgánicas que sirven como acarreadores de micronutrientes o factores de crecimiento.
- Destruir residuos de plaguicidas.  
(Vaughan, S.S. Visser, 1986).

Asimismo, se han observado efectos directos de las sustancias húmicas por interferir con varios aspectos del metabolismo de las plantas a través de efectos sobre **procesos energéticos, ácidos nucleicos y síntesis de proteínas.**

Dentro de los **procesos energéticos** se conoce que la respiración aeróbica es de suma importancia para proveer energía metabólica (ATP) a través de la fotosíntesis. Las sustancias húmicas favorecen la respiración de las plantas (Vaughan, D., 1985; Mylonas, V.A., 1985). Smidová, M. (1960) demostró que tanto la toma de oxígeno como la salida de CO<sub>2</sub> fueron incrementadas en raíces de algunas especies.

Las sustancias húmicas participan en procesos de reducción vía radicales libres en los cuáles se comportan como donadores o aceptores de electrones (Lisanti, 1976; Kristeva, 1953).

Las sustancias húmicas pueden incrementar el contenido de clorofila en las hojas (Kononova, M.M., 1956).

Se tienen reportes de las sustancias húmicas sobre los **ácidos nucleicos**, que son importantes en la replicación celular y el crecimiento, incrementando el contenido de DNA en maíz (Khristeva, L.A. 1968; y Fialova, S. 1969) y mostrando que mientras se incrementa además el contenido total de RNA en semillas de trigo especialmente RNA ribosomal. Vaughan y Malcolm (1979) deducen que en tejidos de almacenaje se incrementa la producción de RNA mensajero, continuando la síntesis esencial para la **síntesis de proteínas.**

Dixit & Kishore (1967), observaron que los ácidos fúlvicos y húmicos estimulan la germinación de distintas variedades de semillas; dichas sustancias afectan solamente el vigor y velocidad de germinación, mas no el número de semillas germinadas (Pagel, 1960).

(Phuong and Tichý (1976) reportó que las sustancias húmicas y en particular los ácidos fúlvicos muestran actividad parecida a auxinas, giberelinas y citoquininas.

Además se han observado efectos de las sustancias húmicas sobre los siguientes aspectos:

-Efecto estimulante sobre la absorción y transporte de agua en plantas (Prát, 1970).

-Efecto sobre la absorción de nitrógeno, además de incrementar la síntesis del nitrógeno en las plantas (Chaminade, 1966).

-Protección en contra de efectos tóxicos (Sharma & Sen, 1971).

-Efecto sobre el contenido y distribución de diferentes azúcares en plantas (Flaig & Saalbach, 1959).

-Efecto sobre la permeabilidad de la membrana celular, promoviendo la absorción de nutrimentos (Lieske, 1968).

-Efecto sobre la acción enzimática, incrementando la actividad de fosfatasas, invertasas y peroxidasas (Malcolm, R.E. y Vaughan, D. 1979), e IAA-oxidasas (Mato, M.C. y Méndez, J. 1970).

Ver (Vaughan, S.S. Visser, 1986).

Las evidencias de que todo suelo considerado como fértil, así como la materia viviente estén compuestos de sustancias inorgánicas y orgánicas, apoyados en las referencias históricas aquí descritas, soportan la idea de la importancia de aplicar fertilizantes organominerales en beneficio del crecimiento y desarrollo de los cultivos, incrementando calidad y productividad.

A continuación se presentan una serie de tablas de resultados obtenidos en diferentes cultivos con el uso de sustancias húmicas.

TABLA 1.- EFECTO DE LA ACELERACION DE LA MATERIA HUMICA SOBRE LA GERMINACION DE LA SEMILLA Y ETAPAS INICIALES DEL DESARROLLO DE LA PLANTA

PLANTA	MATERIA HUMICA				EFECTO OBSERVADO			REFERENCIAS	
	TIPO	ORIGEN	CONC. (MGL-1)	TRATAMIENTO (REMOJO) DE SEMILLA	GERMINACION DE SEMILLA	ALARGAMIENTO HIPOCOTILO	ALARGAMIENTO MESOCOTILO		CRECIMIENTO DE RAIZ
Cebada (Hordeum vulgare)	AF-AH		< 60	12 Hrs.	+				Dixit & Kishore (1967)
Lepidio (Lepidium sativum)	AF-AH	Turba	10\100	48 Hrs.		+		+	Tichy & Cechova (1974)
Lechuga (Lactuca sativa)	AH	Lignita	20			+		+	Petrovic et al. (1982)
Maiz (Zea mays)	AF-AH		< 60	12 Hrs.	+				Dixit & Kishore (1967)
Avena(Avena sativa)	AH	Lignita	20			+		+	Petrovic et al. (1982)
Rabano (Raphanus sativus)	AH	Lignita	10 {opt.}		+				Petrovic et al. (1982)
Trigo (Triticum aestivum)	AH	Suelo	700	5 Hrs.				+	Azam & Malik (1983)
" "	AF-AH	Suelo	< 60	12 Hrs.	+				Dixit & Kishore (1967)
" "	AH	Suelo						+	Azam & Malik (1982)

NOTA: ACIDO FULVICO (AF), ACIDO HUMICO (AH).

Se ha observado que el ácido fúlvico y el ácido húmico estimulan la germinación de diferentes variedades de semillas (Dixit & Kishore, 1967). La inmersión de las semillas en una solución de humato de sodio incrementa la germinación, la absorción de agua y la respiración (Smidova, 1962), así como la producción y la toma de nutrientes (Pagel, 1960), quien también observó que el recubrimiento de las semillas con humato de calcio muestra ser benéfico, y que los tratamientos afectan solamente la tasa de germinación y no el número de semillas germinadas.

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Humic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag 91

TABLA 2.- EFECTO DE LA MATERIA HUMICA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD EN PESO SECO CON RESPECTO AL TRATAMIENTO.

Planta	MATERIA HUMICA			MEDIO			Efecto observado en peso seco respecto al control	Referencias
	Tipo	Origen	Concentración.	Suelo	Solucion	Spray		
Cebada (Hordeum vulgare)	AF	Comercial	<2000mg.kg-1	X			+ (12-17%)	Ram & Verloo (1983)
Begonia (Begonia semperflorens)	AF-AH	Suelo	300 mgl-1			X	+(mas de 50%)	Sladky & Tichy (1959)
" "	FA	Suelo	100 mgl-1			X	+	Sladky (1959)
Trebol (Trifolium vesiculosum)	AF-AH	Suelo	100\800 mg kg-1	Artificial			+ (30-50%)	Tan & Tantiwiranond (1983)
Maiz (Zea mays)	AH	Suelo	640 mgl-1		X		+ (100%)	Tan & Nopamornbodi (1979)
Cacahuete (Arachis hypogaea)	AF-AH	Suelo	100\800 mg kg-1	Artificial			+ (10-30%)	Tan & Tantiwiranond (1983)
Arroz (Oryza sativa)	AH	Abono	100 mgl-1	X			+ (29-36%)	Kushawaha & Vimal (1979)
Centeno (Secale cereale)	AH	Turba	0.5-5 mgl-1		X		+ (mas de 46%)	Page! (1960)
Centeno de semillero	AH	Suelo	2.5 mgl-1		X		+ (11-16%)	Saalbach (1956)
Frijol de soya (Glycine max)	AF-AH	Suelo	100\800 mg kg-1	Artificial			+ (13-17%)	Tan & Tantiwiranond (1983)
Tomate (Solanum lycopersicum)	AF-AH	Suelo	50 mgl-1		X		+ (100-300%)	Sladky (1959)
Trigo (Triticum aestivum)	AH	Abono	100 mgl-1	X			+ (13-16%)	Kushavaha & Vimal (1979)

NOTA: ACIDO FULVICO (AF), ACIDO HUMICO (AH).

El ácido fúlvico y el ácido húmico, incrementan el crecimiento de raíces, tallos, hojas y brotes de los distintos cultivos por lo que la resultante en el incremento en el peso seco se evidencia claramente con respecto al testigo.

Ver bibliografía Vaughan S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag 93

TABLA 3.- EFECTO DE LA MATERIA HUMICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LAS RAICES DE LAS PLANTAS.

Planta	Materia humica			Medio			Efecto observado en el crecimiento de raíz con respecto al testigo	Referencias
	Tipo	Origen	Conc. (mg/l-1)	Suelo	Solución	Spray		
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )	AF-AH	Turba	100		X		mas de 250%	Niklewski & Wojciechowski (1937)
Frijol de semillero ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	AF		500-3000	Perlita			Mas formación y estimulación de raíz.	Schnitzer & Poapst (1967)
Begonia ( <i>Begonia semperflorens</i> )	AF-AH	Suelo	300			X	mas de 30%	Sladky & Tichy (1959)
Trebol ( <i>Trifolium incarnatum</i> )	AF-AH	Turba	200-400		X		mas de 184%	Niklewski & Wojciechowski (1937)
Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> )	AF	Suelo	100-300		X		Mas formación de raíces ramificadas ricas en pelos absorbentes.	Rauthan & Schnitzer (1981)
Cortes de geranio ( <i>Pelargonium hortorum</i> )	AF-AH	Leonardita	500 (Optimo)		X		Mas promoción de iniciación de raíz.	O'Donnel (1973)

NOTA: ACIDO FULVICO (AF), ACIDO HUMICO (AH).

Los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos tienen un efecto mayor sobre el crecimiento de raíz que las diferentes partes de la planta (Niklewski, 1931; Flaig, 1953, 1956; Kononova, 1956; Rerabek, 1960). El efecto varía dependiendo de la especie tratada, como se observa en la tabla. La proliferación del crecimiento de raíz resulta en un incremento en la eficiencia de este sistema y es una de las razones por las que se presenta un incremento de la productividad (Lee & Bartlett, 1976). Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag 94

TABLA 4.- EFECTO DE LA MATERIA HUMICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE LAS HOJAS DE LAS PLANTAS.

PLANTA	MATERIA HUMICA			MEDIO	EFECTO OBSERVADO EN EL CRECIMIENTO DE LAS HOJAS RESPECTO AL CONTROL	REFERENCIAS
	TIPO	ORIGEN	CONC. (MGL-1)			
Trebol (Trifolium incarnatum)	MH	Turba	200-400	X	Mas del 61%	Niklewski & Wojciechowski (1937)
Lino (Linum usitatissimum)	MH	Turba	240	X	+	Niklewski & Wojciechowski (1937)
Canamo (Cunabis sativa)	MH	Turba	300	X	+	Niklewski & Wojciechowski (1937)
Maiz (Zea mays)	MH	Turba	360	X	+	Nickewski & Wojciechowski (1937)
Rabano (Raphanus sativus)	MH	Turba		X	+	Nickewski & Wojciechowski (1937)
Nabo (Brassica napus)	MH	Turba	200	X	+	"
Remolacha (Beta vulgaris)	MH	Suelo	300	X	Del 37 al 47% mas	Sladky (1965)
Remolacha (Beta vulgaris)	MH	Turba	200-400	X	+	Niklewski & Wojciechowski (1973)
Tabaco (Nicotiana tabacum)	AH	Carbon de Turba	150 gha-1		X	Del 11 al 19% mas Khristeva (1970)
Nabo (Brassica rapa)	MH	Turba	250	X	+	Niklewski & Wojciechowski (1937)
Trigo (Triticum vulgare)	AH	Comercial	100	X	Del 5 al 15% mas	Pokorna et al (1963)

NOTA: MATERIA HUMICA (MH), ACIDO HUMICO (AH).

Existen una serie de plantas en las que se ha observado que la materia húmica promueve el desarrollo de sus hojas (Pagel, 1960).

Las hojas son el sitio donde se llevan a cabo las transformaciones bioquímicas esenciales para la vida de las plantas y de ahí la importancia de los resultados aquí descritos para los diferentes cultivos.

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag 97

TABLA 5.- EFECTO DE LA MATERIA HUMICA SOBRE LA ABSORCION Y CONTENIDO DE NITROGENO POR LAS PLANTAS.

PLANTA	MATERIA HUMICA			MEDIO		EFECTO OBSERVADO EN EL CONTENIDO O TOMA DE NITROGENO RESPECTO AL CONTROL	REFERENCIAS
	TIPO	ORIGEN	CONC. {MGL-1}	SUELO	SOL. SPRAY		
Pepino (Cucumis sativus)	AF	Suelo	100-300		X	+ (130%)	Rauthan & Schnitzer (1981)
Lino (Linum usitatissimum)	AH	Suelo		X		+ (tallos 21% raices 40%)	Prozotovskaya (1936)
Avena (Avena sativa)	AH	Composta	10 mg kg-1	Arena		+ (22%)	Kononova & Alexandrova (1971)
Lolio (Lolium perenne)	AH	Suelo			X	+	Azam & Malik (1982)
" "	AH	Suelo	2.5	X		+	Chaminade (1958)
Arroz (Oryza sativa)	AH	Deposito de carbon	3-9Kg m-2	X		Ninguno	Catski (1958)
Centeno de semillero (Secale cereale)	AH	Suelo	2.5		X	+ (21%)	Saalbach (1956)
Frijol de soya (Glycine max)	AH		10			+ (2200%)	Iswaran et al. (1973)
Remolacha (Beta vulgaris)	AH	Suelo	8-160	X		+ (hojas)	Sanchez Conde et al. (1972)
Tabaco (Nicotiana tabacum)	AF-AH	Suelo	0-800		X	+ (hojas tallo)	Mylonas & NcCants (1980)
" "	AH	Leonardita		X		+ (hojas)	Vaughan et al. (1973)
Trigo en semillero (Triticum aestivum)	AH	Suelo			X	+	Azam & Malik (1982)

NOTA: ACIDO FULVICO (AF), ACIDO HUMICO (AH).

La materia húmica incrementa la toma de nitrógeno así como la síntesis de productos nitrogenados por las plantas (Chaminade, 1966).

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag 99

TABLA 6.- EFECTO DE LA MATERIA HUMICA SOBRE LA ABSORCION DE IONES POR LAS PLANTAS.

PLANTA	MATERIA HUMICA			MEDIO		IONES											REFERENCIAS	
	TIPO	ORIGEN	CONC. (mg/l-1)	SUELO	SOL.	Na	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Si	Cl	SO4	PO4		
Maiz (Zea mayz)	AH	Suelo	10		X					>						>	Lee & Bartlett (1976)	
" " "	AH	Suelo	<500		X					>	>						Fortun & Lopez-Fando (1982)	
" " "	AH		5.5 kg ha-1	X												>	Jelenic et al. (1966)	
" " "	AH	Suelo forestal	100	X												>	Jelenic et al. (1966)	
Maiz de semillero	AH	Turba	100		X											<	Tichi (1984)	
Papa (Solanum tuberosum)	AF-AH		5-20		X											<	Cacco & Civelli (1973)	
Arroz (Oryza sativa)	AH	Carbon	3-9 Kg															
Centeno de semillero (Secale cereale)	AH	Suelo	2.5 m-1	X		X	>	>	<					<	<	<	>	Saalbach (1956) Catsky (1958)
Tabaco (Nicotiana tabacum)	AF-AH	Suelo	0-800	Arena	X		>	>	>	>							>	Mylonas & McCant (1980)
Tomate (Solanum lycopersicum)	AH	Composta	1		X					>							>	Lisiak (1984)
Tomate de semillero	AF	Suelo	50		X		>		>					<			>	Guminski et al. (1983)
Raices de tomate	AF	Suelo	50		X		-	-	-	<	-							Linehan (1976)

NOTA: ACIDO FULVICO (AF), ACIDO HUMICO (AH).

Las sustancias húmicas pueden estimular o inhibir la absorción de los iones por las plantas contribuyendo la concentración (Vimal, 1972), su peso molecular y los grupos funcionales presentes en particular los grupos carboxilicos y fenolicos presentes (Dell Angola & Ferrari, 1974).

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag101

TABLA 7.- EFECTO DE LA MATERIA HUMICA EN LA ACTIVIDAD ENZIMATICA DE PLANTAS SUPERIORES.

PLANTA	MATERIA HUMICA		MEDIO SOL. SPRAY	PARTE DE LA PLANTA INVESTIGADA		ENZIMAS INVESTIGADAS					REFERENCIAS				
	TIPO	ORIGEN		CONC. (mg-l)	RAIZ	TALLO	ALDOLASA	AMILASA	CATALASA	INVERTASAPEROXIDASA		FOSFATASA	POLIFENOL OXIDASA	SACAROSA	
Betabel (Beta vulgaris var. rubra)	AH	Suelo	5-100	X	X								+	Vaughan & Malcolm (1979)	
" " " "	AH	Suelo	5-200	X	X								+	Vaughan (1969)	
Maiz (Zea mayz)	AH	Comercial	-		X									Komissarov & Klimova (1979)	
Chicharo (Pisum sativum)	AH	Suelo	10-100	X	X								+	Malcolm & Vaughan (1979)	
Cebada de semillero (Secale cereale)	AH	Suelo	2-5	X		X	+	-					+	(+)	Saalbach (1976)
" "	AH			X		X	+	-							Flaig (1958)
" "	AH			X	X									+	Flaig (1958)
" "	AH	Suelo	12-5	X				+					+	(+)	Saalbach (1956)

NOTA: ACIDO HUMICO (AH).

Las sustancias húmicas tienen efecto sobre la actividad de diferentes enzimas, en distintas partes de la planta. El máximo efecto se ha reportado sobre la actividad de la fosforilasa en trigo (*Triticum estivum*) a la dosis de 400 mg-l-1 mientras que en raíz fue obtenido a 10 mg-l-1 (Bukovova & Tichy, 1967).

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag104

**TABLA 8.- ACTIVIDAD ENZIMATICA IN VITRO ESTIMULADA POR LA MATERIA HUMICA.**

ENZIMA	ORIGEN	TIPO	MATERIA HUMICA		REFERENCIAS
			ORIGEN	CONC. (mg/l-1)	
Ficina	Comercial	AH	Suelo	1-100	Ladd & Butler (1969)
Invertasa	Suelo	AF	Suelo	50-500	Vaughan & Ord (1980)
		AH	Suelo	100-500	Vaughan & Ord (1980)
Papaina	Comercial	AH	Suelo	1-100	Ladd & Butler (1969)
Fosfatasa, alcalina	Intestino de cria	AH	Suelo	>0.05	Scheffer et al. (1962)
Polifeno oxidasa		AH	Hongos, Turba	-	Mucke & Obernaus (1963)
Subtilopectidasa	Comercial	AH	Suelo	1-100	Ladd & Butler (1969)
Termolisina	Comercial	AH	Suelo	1-100	Ladd & Butler (1969)

NOTA: ACIDO FULVICO (AF), ACIDO HUMICO (AH).

Existe una asociación entre las enzimas y la molécula de los ácidos fúlvicos y húmicos por la formación de enlaces iónicos y covalentes (Ladd & Butler, 1975). Como resultado de esta asociación, las sustancias húmicas muestran actividad enzimática como la catalasa (Abramyan & Galstyan, 1982) o ureasa (McLaren et al., 1975). Los ácidos fúlvicos son en este aspecto más activos que los ácidos húmicos.

Ver bibliografía Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. REDA. Pag108

## MARCO DE REFERENCIA

La tendencia al uso de fertilizantes inorgánicos granulados al suelo a base de uno, dos o hasta tres macronutrientes, ha sido considerado por la mayoría de los agricultores como suficiente para satisfacer las demandas nutritivas de los diferentes cultivos.

Se estima que el mercado anual de fertilizantes granulados al suelo en México, es de 4 millones de toneladas.

El tema fertilización se ha manejado por el Gobierno, más desde el punto de vista político/económico que agronómico, monopolizando por medio de Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX) materias primas extraídas del petróleo, del cuál se obtienen principalmente estos fertilizantes.

Con la venta de FERTIMEX en 1991 a empresas privadas, se inició un cambio rotundo en esta industria para hacer redituable la fabricación y comercialización de los fertilizantes.

La apertura del mercado a la libre importación de fertilizantes, obligó a los empresarios mexicanos a competir internacionalmente, con la desventaja de haber adquirido fábricas con alto costo de mantenimiento y poco productivas. Dicha apertura trajo como consecuencia una nueva alianza de fortalecimiento con la reducción a cinco grandes grupos empresariales.

Las ventajas de la competencia hicieron posible la adición de micronutrientes a los fertilizantes, y así presentar alternativas más acordes con la demanda nutritiva de los diferentes cultivos.

En México, con el Programa de la "Alianza para el Campo" inaugurado el 31 de octubre de 1995 en la Residencia de los Pinos por el Sr. Presidente de la República, Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León se apoyan diferentes programas, entre ellos el de Fertirrigación, que tiene como objeto incrementar la productividad en las superficies bajo riego, partiendo de proyectos que incluyen la utilización de sistemas de abastecimiento y aplicación del agua y de los fertilizantes en forma eficiente, de modo tal que permitan cuidar el agua, combatir la pobreza y lograr un uso sustentable y racional de los recursos. (SAGAR, 1998).

Los volúmenes de consumo de fertilizantes líquidos son aun limitados y se encuentran restringidos a zonas de alta productividad como en los Estados de Sinaloa, Baja California y Guanajuato principalmente, sin embargo se tiene la meta de llegar a 1 millón de hectáreas para el año 2001.

En Estados Unidos se aprecia una clara tendencia al uso de fertilizantes líquidos y se estima que hoy en día ocupa el 40% del mercado.

Con respecto a los fertilizantes foliares inorgánicos, en 1970 era necesario apostar con el agricultor el incremento en productividad con pago a cosecha para convencerlo en invertir en esta alternativa nutritiva.

Hoy en día se estima que el mercado de los fertilizantes foliares en la República Mexicana es de \$18 millones de dólares, (aproximadamente 9,000 toneladas de fertilizantes) de los cuáles el 25% son fertilizantes organominerales, con franco crecimiento.

Por otro lado la importancia de adicionar materia orgánica a los suelos, prevalece como una practica de interés para los agricultores y para lo cuál se observa la incorporación de abonos orgánicos vegetales y animales para incrementar la fertilidad de los suelos. Sin embargo, para el empleo de abonos animales, se aumenta la regulación por parte de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), básicamente por el problema de traslado, incorporación y generación de enfermedades al suelo.

Con el surgimiento de una alternativa práctica para la fabricación de ácidos fúlvicos libres de patógenos por parte de la iniciativa privada, se consiguen aspectos fundamentales que son por un lado, el poder adicionar económicamente la parte activa del humus y paulatinamente incrementar el contenido de materia orgánica de los suelos, así como evitar los problemas anteriormente indicados de traslado, generación de enfermedades y el tiempo de humificación del abono adicionado.

Es difícil cuantificar el mercado de las sustancias húmicas, pero una comprobación del incremento en la demanda a nivel mundial se evidencia al consultar el directorio comercial de Estados Unidos llamado Farm Chemicals (ver bibliografía), en el cual hace 10 años no incluía empresas productoras de ácidos fúlvicos y húmicos, y en la edición 1999 aparecen mas de 12 empresas de prestigio internacional comercializándolos.

En México existen 5 empresas además de Química Foliar que producen o importan sustancias húmicas y la importación se da principalmente de los Estados Unidos o Europa.

Con orgullo se puede mencionar que Química Foliar sigue como líder en cuanto a la obtención del ácido fúlvico mas puro y concentrado, ya que se garantiza una composición del 75% en polvo soluble.

El hecho de haber iniciado relaciones comerciales con Estados Unidos desde hace 10 años y continuar exportando se logra únicamente con calidad y precio.

Hoy en día y principalmente en zonas tecnificadas el tema de las substancias húmicas es cada vez mas conocido por los agricultores y con esto podemos reconocer una tendencia clara de un consumo en crecimiento.

Por último comento que en Química Foliar, hemos tenido un crecimiento exponencial por conseguir un incremento del 300% en volumen de ventas de 1989, año en el que se inicia la producción del producto a la fecha.

## **DESARROLLO PROFESIONAL**

Febrero de 1986 a Octubre de 1990.

Se iniciaron las actividades, con el objetivo de vender los fertilizantes fabricados en la Empresa tanto al sector privado como gubernamental, en el área metropolitana y en el interior de la República Mexicana, así como en el extranjero.

**A)** En el sector privado dentro del área metropolitana, se atendieron a empresas quienes distribuyen principalmente la línea de fertilizantes especiales para jardinería de liberación controlada en polvo y pastilla.

En el interior de la República Mexicana, atendiendo a empresas en los estados de Morelos, Hidalgo, México, Sinaloa, Chihuahua, Michoacan y Chiapas., distribuyendo principalmente la línea de fertilizantes foliares especiales para cultivos agrícolas.

**B)** En el sector gobierno dentro del área metropolitana, se vende la línea de fertilizantes de liberación controlada, en polvo y en pastilla, así como fertilizantes foliares especiales para jardinería urbana a las 16 delegaciones del D.F., la Comisión de Recursos Naturales y la Dirección de Apoyo a Limpia e Imagen Urbana.

En el interior de la República Mexicana asistiendo la venta de fertilizantes para fertirriego y de liberación controlada en los estados de México y Oaxaca.

**C)** En el extranjero, vendiendo fertilizantes foliares, enraizadores, ácidos fúlvicos y premezclas para formulación en destino en Santo Domingo, República Dominicana, Colombia y en Estados Unidos en los estados de Alabama, North Carolina y California.

Septiembre de 1990 a septiembre, 2000.

Se me asigna atender la Gerencia de Ventas, quedando bajo mi supervisión tres vendedores, quienes asisten los clientes indicados anteriormente, incrementando la captura de las siguientes dependencias:

En el sector gobierno, dentro del interior de la República Mexicana, se vende la línea de fertilizantes especiales para producción de árboles en vivero tanto en sistema tradicional con pastillas fertilizantes de liberación controlada formulados con macronutrientes, micronutrientes y ácidos fúlvicos y fertilizantes foliares, como en sistema de producción en

charola con fertilizantes de liberación controlada en polvo para mezcla con substrato y fórmulas especiales para fertirriego en las fases de iniciación, desarrollo y finalización en:

El Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) llevado a cabo por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y los Gobiernos de los Estados.

El Consejo Mexicano del Café, en la República Mexicana.

Quedando bajo mi asistencia directa la venta de fertilizantes foliares formulados por Química Foliar, S.A. de C.V. a empresas transnacionales en México y en el extranjero, vendiendo tanto fertilizantes de Química Foliar como con marca de la empresa atendida.

En el extranjero además de los indicados anteriormente, vendiendo premezclas de fertilizantes, ácidos fúlvicos y pastillas fertilizantes de liberación controlada con ácidos fúlvicos y micorrizas en los siguientes países: Argentina, Colombia, Guatemala, Panama, España y Estados Unidos.

Para cumplir adecuadamente este objetivo, fue necesario conocer las propiedades específicas de cada fertilizante, formulación, dosis y momento de aplicación, en relación al cultivo agrícola, frutícola, florícola, forestal u ornamental a tratar, así como convencer técnica y comercialmente a los usuarios y fabricantes de fertilizantes para usar como complemento sustancias orgánicas como es el ácido fúlvico.

En todos los casos hubo necesidad de convencer a la persona que genera el pedido dentro del área técnica y cerrar la operación de venta con la persona que adquiere el producto, para lo cual se impartieron pláticas técnico-comerciales tanto en la República Mexicana como en el extranjero, presentándose en la mayoría de los casos la dinámica de enfatizar la importancia que tiene la utilización de los fertilizantes foliares como complemento de la fertilización al suelo, mas el efecto sinérgico de los ácidos fúlvicos.

Hoy en día todos los clientes descritos que atendemos, tanto en el sector privado y gubernamental en el área metropolitana e interior de la República Mexicana como en el extranjero, manejan dentro de su línea de productos algún fertilizante que incluye ácidos fúlvicos.

En el mes de mayo del 2000, y con duración de 1 año llevo a cabo con Bayer de México S.A. de C.V. un programa de capacitación a su personal con el tema conceptos de la nutrición foliar seguido con un programa de conferencias en la república mexicana dirigido a agrónomos, técnicos de campo y agricultores

## TRES ESTUDIOS DE CASO

A continuación presentamos una serie de validaciones técnico-comerciales propias o de instituciones en donde Química Foliar participó que demuestran la importancia de agregar fertilizantes organominerales al suelo o al follaje de las plantas.

### Estudio de caso No. 1

Cultivo – papa, variedad alfa.

Fecha – 1989

Lugar – Huamantla, Tlaxcala

Duración – Ciclo completo

Producto a evaluar – Acido fúlvico

Concentración – 150 gr/lit.

Dosis – 20 lts./Ha

Frecuencia de aplicación – 1 al momento de la Siembra.

#### Resultados:

El señor Lorenzo del Llano, agricultor de prestigio y dueño de dicha parcela, aplicó ácido fúlvico al momento de la siembra al suelo junto con el agua de riego. Tanto en ésta como en otra parcela aledaña aplicó nitrógeno, fósforo y potasio a la dosis total de 1 tonelada por hectárea, con un balance mayor de potasio. A los 60 días de la siembra, en la parte no tratada con ácido fúlvico la planta presentaba una altura de 40 cm. La parcela que recibió la aplicación del ácido fúlvico presentó plantas de 65 cm de altura ya en fase de floración, obteniendo al final un incremento en cosecha del 30% con respecto a la parcela no tratada.

La calidad de la papa también fue superior, indicándonos el señor del Llano el hecho de que la empresa Sabritas le había comprado toda la producción que había sido tratada con el ácido fúlvico, ya que además de cumplir con el tamaño adecuado, la papa presentaba una mejor distribución del almidón, localizándose principalmente en la periferia de la papa, consiguiendo así que, al momento de freirlas, la papa no presentara manchas internas.

### Estudio de caso No. 2

Cultivo - Trigo en condiciones de riego

Fecha - Febrero, 1998

Lugar - Ciénega de Chapala (Zalamea y Jamay). Guadalajara, Jal.

Dosis - 0-1.3-2-7 y 4 Kgs./Ha. con cada una de dos soluciones nitrogenadas (Fert-28 y Fert-32, sin o con micronutrientes Fe, Mn y Zn.

Producto a evaluar - Ácido fúlvico

Concentración - 75%

Condiciones - Fertilización basal (60-60-60) Kgs./Ha.

Duración - Siembra otoño-invierno de 1996-1997.

En coordinación entre Química Foliar, S.A. de C.V. y el Colegio de Postgraduados de Chapingo, por conducto del profesor investigador Francisco Gavi Reyes, Dr. se llevó a cabo el trabajo "ÁCIDO FÚLVICO EN SOLUCIONES CON NITRÓGENO APLICADAS AL FOLLAJE DE TRIGO", indicando en la introducción que en la actualidad el uso de ácidos orgánicos en la producción agrícola se está popularizando debido a que con su aplicación se han incrementado los rendimientos de granos, tomate y papa (Muller-Wegener, 1988) entre otros cultivos.

Se probaron catorce tratamientos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El AF y/o N, Fe, Mn y Zn se asperjaron al follaje en el primero y segundo riego de auxilio. Indicando en conclusiones que la aplicación de ácido fúlvico con fertilizante, con y sin micronutrientes al follaje de trigo, incrementó el rendimiento de grano en las dos localidades incluidas en este estudio.

### **Estudio de caso No. 3**

Cultivo - Tomate de vara variedad  
Yaqui (saladette).

Fecha - 1998

Lugar - Sta. Veneranda, Los Mochis, Sin.

Dosis - 1 lt./Ha. en el sistema de riego.

Frecuencia de aplicación - Cada 7 días.

Producto a evaluar - Ácido fúlvico con  
el nombre comercial BASFUL.

Concentración - 200 gr./lt.

Duración - 31 días.

Química Foliar, S.A. de C.V., en coordinación con Basf Mexicana, S.A. de C.V. llevó a cabo una evaluación para validar resultados en campo del ácido fúlvico, con los siguientes resultados:

## DISCUSION

### ESTUDIO DE CASO No. 1

Las evidencias descritas en el estudio de caso No. 1 nos permiten analizar los resultados técnico-comerciales que obtuvo el agricultor con una experimentación no científica, pero si de importancia práctica ya que ante las mismas condiciones de siembra, aporte de nutrimentos al suelo, tipo de semilla, controles fitosanitarios, frecuencia de riegos y en parcelas contiguas donde se supone que la variación del suelo pudiese no ser drásticamente diferente, se varía exclusivamente la presencia o no de ácidos fúlvicos, obteniéndose resultados positivos inicialmente en un cambio visual de un color verde mas intenso en hojas, mayor crecimiento en altura y frondosidad de las plantas así como de un incremento en la precocidad de la floración.

Es importante analizar que para el cultivo de la papa en mención Solanum tuberosum variedad alfa, si la serie de cambios visuales descritos anteriormente no hubiesen repercutido finalmente en una mejora en rendimiento ligado a la calidad del cultivo, la trascendencia de los resultados hubiera quedado sumamente limitada. Sin embargo las evidencias del agricultor al comentar que la parcela tratada con el ácido fúlvico fue verificada y aceptada por la empresa Sabritas por cumplir tanto en tamaño como en calidad al momento de la cocción arrojan interesantes resultados.

La iniciación precoz de la floración presenta un dato importante para continuar analizando, ya que este es un aspecto de gran utilidad para la obtención de la cosecha días antes de la generalidad con el beneficio de la captura de un mejor mercado para la venta, por la sencilla razón de la leyes de oferta y demanda.

Así mismo deseo comentar que para muchos agricultores con experiencia en campo, este tipo de validaciones son suficientes para decidir la utilización o no de un producto sin olvidar la relación costo beneficio, que en este caso queda soportado.

Considero que esta serie de evidencias pueden dar base para subsecuentes investigaciones a nivel científico en donde se puedan analizar posibles mecanismos de los efectos encontrados.

## ESTUDIO DE CASO No. 2

Como se puede apreciar, para este caso si se presentan evidencias con resultados significativos a nivel estadístico llevados a cabo por una institución reconocida y nuevamente se evidencia como resultante un incremento en el rendimiento del grano de trigo y en este caso para aplicaciones foliares de ácidos fúlvicos con o sin micronutrientes, utilizados como complemento a la fertilización al suelo.

Este trabajo se llevó a cabo por la exigencia que se tiene por parte del Gobierno de obtener un registro para la comercialización de este tipo de productos en el mercado nacional, el cual debe ser evaluado por alguna institución reconocida ante la CICOPALAFEST que es la Comisión Intersecretarial para el Control adecuado de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas, en donde el objetivo es llevar a cabo un estudio de efectividad biológica.

Recurriendo a la referencia citada en la tabla No. 1 de resultados de este trabajo, podemos apreciar que para el trigo Tricum aestivum el efecto de los ácidos fúlvicos se inicia promoviendo la germinación de las semillas así como el crecimiento de raíz en etapas iniciales.

Se presenta en la tabla No. 2 un aumento en la producción en peso seco del 13% al 16%. Un efecto observado en el crecimiento de las hojas del 5% al 15% en la tabla No. 4. y Un incremento positivo en la toma de nitrógeno así como la síntesis de productos nitrogenados en la tabla No. 5

Nuevamente el incremento en rendimiento nos invita a continuar ensayando para profundizar en un tema que hoy en día esta en boga, que es la importancia de cuantificar el contenido proteico ya que se tienen indicios de que el ácido fúlvico incrementa el contenido total de RNA favoreciendo la continuidad en la síntesis esencial para la síntesis de proteínas.

### ESTUDIO DE CASO No. 3

Para esta experimentación y analizando en el orden en que se presentan los resultados cabe resaltar lo siguiente:

La diferencia en altura de la primer evaluación a los 15 días después del trasplante arroja una diferencia de 3.18 cm a favor de la parte tratada que corresponde al 22% y 16 días después se aprecia una diferencia de 4.85 cm nuevamente a favor de la plantas tratadas pero que corresponde a un menor porcentaje de diferencia que es del 17%.

Cabe referir que en la tabla No. 2 de resultados Sladky reporta un incremento en el peso seco con respecto al control del tomate Solanum lycopersicum del 100% al 300%.

Sin tener mas datos que los aquí presentados es de esperar que debido al hecho de que la planta ya cuenta con 31 días después del trasplante el cambio de estado fenológico a floración provoque que la diferencia en el crecimiento en altura disminuya.

El diámetro de tallo aparece en la primer evaluación con una diferencia de 0.09 cm a favor de la parte tratada que corresponde al 18% y en la segunda evaluación se evidencia una diferencia mas marcada de 0.33 cm que corresponde al 51%. Aspecto que podemos seguir apoyando en la observación del incremento en peso seco indicado anteriormente, además de suponer que de alguna forma el ácido fúlvico esta incrementando la eficiencia en la división celular dato que a mediados del siglo XX Phuong and Tichy reportan que los ácidos fúlvicos muestran actividad parecida a las auxinas, giberelinas y citoquininas.

El número de hojas muestra un comportamiento para la primer evaluación de una diferencia de 1.05 hojas mas en la parte tratada que corresponde al 14.3% y de 1.35 hojas mas que corresponde al 14.4% Para este caso es importante considerar que siendo las hojas el sitio más importante de transformaciones bioquímicas de las plantas, cabría esperar una mejor actividad fotosintética con la repercusión directa de los anteriores parámetros evaluados.

Posteriormente se analizó para la primer evaluación únicamente el número de ramas mayores de 3 cm al relacionar una mayor estructura vegetativa con fortaleza para soportar el peso de los frutos y evitar posibles fracturas, teniendo como resultados una diferencia de 1.7 ramas mas en el área tratada que corresponde al 188% de incremento. Asi como la longitud de la primer rama en cm relacionándolos con una mejor estructura nuevamente de mayor soporte, observando una diferencia de 1.32 cm más en la parte tratada que corresponde al 45% mas.

El vigor también fue determinado cualitativamente apreciando en ambas evaluaciones una diferencia de fuerte por parte del tratamiento y normal para el testigo.

Finalmente se cuantifica específicamente para la segunda evaluación por obvias razones el número de racimos florales con una diferencia de 0.6 racimos mas en la parte tratada lo que significa el 24% Aquí existe una relación directa entre el numero de racimos florales con lo que se espera de producción en condiciones normales, considerando el aborto normal.

Con los datos aquí descritos y en conocimiento del agricultor, solicitó a la hora de la cosecha muy atentamente no interferir con las labores de selección y empackado comentando que con su experiencia el había podido observar lo que necesitaba para tomar la decisión de comprar los ácidos fúlvicos que adquiere hasta la fecha.

Desafortunadamente no hubo posibilidad de terminar la validación en rendimiento y calidad sin embargo los datos aquí descritos mas la continuidad por parte del agricultor del uso de esta alternativa orgánica confirma que los ácidos fúlvicos tienen un efecto benéfico y que conviene seguir trabajando intensamente en apoyo de la agricultura en México y en otros Países.

## CONCLUSION

Con la obtención de estos resultados se prepara material divulgativo para darlos a conocer en el mercado nacional e internacional y sustentar así el uso de esta práctica que hasta nuestros días continúa siendo algo de poca importancia para muchos agricultores y empresas fabricantes de fertilizantes que no consideran útil invertir en adicionar un porcentaje de ácido fúlvico a sus productos por el incremento del costo inicial que representa, sin considerar que el costo beneficio es significativamente mayor.

En Química Foliar, S.A. de C.V. como la primer empresa que inició en 1989 la fabricación de ácidos fúlvicos en nuestro país, se ha trabajado consistentemente en la concientización del uso de esta alternativa y después de 14 años hemos observado con el incremento en las ventas que las distintas evidencias científicas y comerciales confirman la necesidad de seguir trabajando por el uso de este producto, seguros que en un futuro próximo el mundo, reconociendo los beneficios, la demandará en favor de la agricultura para la humanidad.

En el desempeño de mi actividad profesional, me ha sido posible realizar eficientemente el arte de la venta en donde se requiere mucho mas que ofrecer un producto, es una disciplina en donde se necesita primeramente estar convencido de que toda realización es mental e incansablemente continuar hasta lograr el objetivo.

La excelente instrucción académica que recibí durante la licenciatura y especialmente en las materias relacionadas con el tema, como edafología, fisiología vegetal y bioquímica fueron sin duda herramienta indispensable para entrar activamente a este mundo de la comercialización de fertilizantes contando con bases sólidas que soportaran biológicamente el compromiso de toda recomendación responsable en su adecuado uso.

La experiencia profesional y de vida que he recibido del Ing. Victor M. Urbina Bolland fue y seguirá siendo el pilar de mi formación.

Por ultimo invito a todos los biólogos a esforzarse por ser verdaderos profesionales, diferentes, orgullosamente egresados de la ENEP Iztacala y que conozcan y tengan la confianza al saber que en el aspecto laboral se requieren cada día mas, biólogos capacitados dispuestos a ejercer eficientemente su profesión.

## BIBLIOGRAFIA

Agboola, A.A., 1978. Influence of soil organic matter on cow pea's response to N fertilizer. *Agron. J.* 70:25-28.

Antonio Fersini 1986 *Horticultura Práctica Diana* pp. 321-327.

Bottomley, W.B. 1920. The effect of organic matter on the growth of various plants in culture solutions. *Ann. Bot. (London)* 34:353-365.

Burk, D. H. Lineweaver, and C.K. Horner. 1932. Iron in relation to the stimulation of growth by humic acid. *Soil Sci.* 33:413-435.

Chen Y y T Aviad. 1990. Effects of Húmic Substances on Plant growth. En: *Húmic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings* (P.McCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcolm y P.R. Bloom. Eds). American Society of Agronomy Inc. Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, pp. 161-185.

Devlin R.M. y F.H. Witham 1983. *Plant Physiology* WG Press, pp. 113-121.

Gaffney, Marley & Clark. 1996. *Húmic and Fulvic acids* 42-56

Kubat J. 1992 *Humus its Structure and Role in Agriculture Environment.* Elsevier pp. 137-153.

Liebig, J.V. 1856. On some points of agricultural chemistry. *J. Royal Agric. Soc.* 17:284-326.

Likov, A. 1978. The effect of the organic matter of derno podzolic soil on the yields of field crops. *Problemy Zemledeliya. Referentivnyi Zhurnal Seriya.* 5:195-202.

Mac Carthy Clapp Malcolm Bloom. 1990 *Húmic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings.* 161-186.

Mato M.C. and Méndez J. (1970). Inhibition of indoleacetic acid-oxidase by sodium humate. *Geoderma*, 3, 255-258.

M.H.B. Hayes and W.S. Wilson 1997. *Húmic Substances Peats and Sludges* 3-30.

Mortvedt J.J., P.M.Giordano y W.L. Lindsay. 1972. Micronutrients in Agriculture Soil Science Society of América, Inc. Pp. 79-110.

Mustin M. 1987. Le Compost De. Francois Dubusco-Paris pp. 19-30, 56-66.

Ojenhiyi, S.O., and O.O. Agbede. 1980. Soil organic matter and yield of forest and tree crops. *Plant Soil* 57:61-67.

Olsen C. 1930. On the influence of humus substances on the growth of green plants in water culture. *Comptes-rendus du Laboratoire Carlsberg* 18:1-16.

Olsen, S.R. 1986. The role of organic matter and ammonium in producing high corn yields. P. 29-70. In Y. Chen and Y. Avnimelech (ed.) *The role of organic matter in modern agriculture*. Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht.

Phuong H.K. and Tichý V. (1976). Activity of humus acids from peat as studied by means of some growth regulator bioassays. *Biol. Plant. (Prague)*, 18, 195-199.

Pilus Zambri, M., M. Yaacob, A.J.M. Kamal, and S. Paramanathan. 1982. The determination of soil factors on growth of cashew on bri soils. Part I. *Pertanika* 5:200-206.

Pihlaja K. 1991 *The Third International Nordic Symposium on Húmic Substances*. Col. 3(3) pp. 5-17

Prát S. (1970<sup>A</sup>) Effect of humic substances on plants. In: *Second Intern. Peat Congress, Leningrad*, Edit. R.A. Robertson. HMSO, Edinburgh, p. 537-542.

Prát S. (1970<sup>B</sup>) Permeability and the effect of humic substances on plant cells. In: *Second Intern. Peat Congress, Leningrad*, Edit. R.A. Robertson, HMSO, Edinburgh, p. 607-610.

Rebufetti, A., and D. Lubunora. 1982. Wheat yield in north eastern Uruguay in relation to NPK fertilizers, soil organic matter content and climatic conditions. P. 117-122. In C.C. Cerri (ed.) *Regional colloquium on soil organic matter studies*. 18-22 Oct. 1982, Sao Paulo, Brazil, Promocet, Sao Paulo.

Robbins Weier Stocking 1976. *Botánica Limusa* pp. 33-71, 147-175

Salisbury F.F. y C.W. Ross 1978. *Plant Physiology* Wadsworth Publishing Co. Inc. Pp.272-276.

Senesi N. Y T.M. Miano. Elsevier Science B.V. 1994 *Húmic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*. Pp 349-354.

Sharma K. D. and Sen D.N. (1971). Reversal of the effect of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid by humic acid. *Z. Pflanzenphysiol.*, 65, 81-84.

Smidová M. (1960). The influence of humic acid on the respiration of plant roots. *Biol. Plant. (Prague)*, 2, 152-164.

Steward F.C. 1963. *Plant Physiology Volume 111 Inorganic Nutrition of Plants*. Pp. 97-109.

Vaughan, S.S. Visser. 1986. Húmic Substances effects on soil and plants. *REDA* pp. 29-125.

Woodward, J. 1699. *Thoughts and experiments on vegetation*. *Philos. Trans. R. Soc. London, B*. 21:382-398.