

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



## USO EN LA AGRICULTURA DE SUSTANCIAS HÚMICAS

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

ING. PEDRO ELIAS VÁZQUEZ VÁZQUEZ

  
CENTRO DE INFORMACIÓN

30 AGO 2013

**RECIBIDO**

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2013

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



## USO EN LA AGRICULTURA DE SUSTANCIAS HÚMICAS

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

ING. PEDRO ELIAS VÁZQUEZ VÁZQUEZ

ASESOR

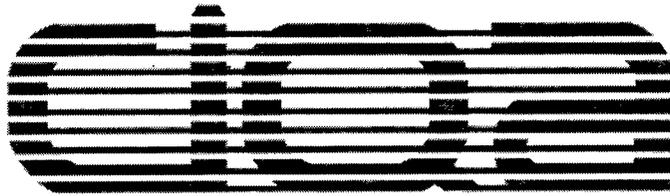
M.C. Eduardo Alfonso Treviño López

CENTRO DE INFORMACIÓN

30 AGO 2013

**RECIBIDO**

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



## USO EN LA AGRICULTURA DE SUSTANCIAS HÚMICAS

### CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

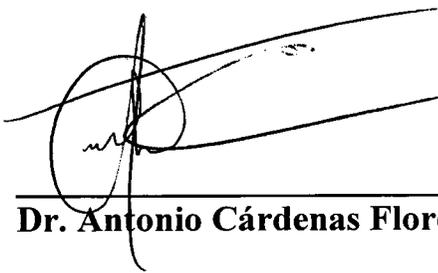
### ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

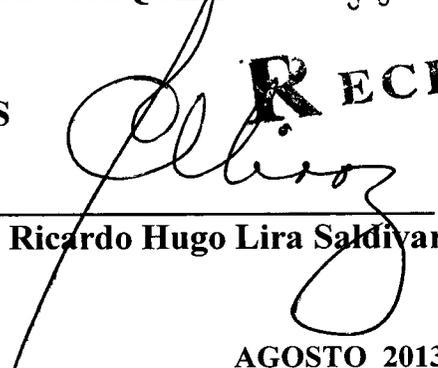
OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

ING. PEDRO ELIAS VÁZQUEZ VÁZQUEZ

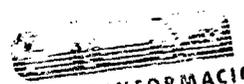
EVALUADORES

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio Cárdenas Flores

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Ricardo Hugo Lira Saldivar

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2013

  
CENTRO DE INFORMACIÓN

30 AGO 2013

**RECIBIDO**

# USO EN LA AGRICULTURA DE SUSTANCIAS HÚMICAS

## CONTENIDO

### PAGINA

Índice.....	i
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Cuadros.....	iv
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Objetivos del caso de estudio.....	3
Revisión de literatura.....	4
Formación de las sustancias húmicas.....	4
Suelo.....	4
Materia orgánica del suelo.....	4
Humus.....	5
Evolución de la Materia Orgánica del Suelo.....	6
Principales rutas.....	7
Sustancias húmicas de la leonardita.....	8
Composición de las sustancias húmicas.....	10
Propiedades de las sustancias húmicas.....	10
Ácidos húmicos.....	11
Estructura química de los ácidos húmicos.....	12
Ácidos fúlvicos.....	12
Estructura química de los ácidos fúlvicos.....	13
Las sustancias húmicas en el desarrollo de los cultivos.....	14
Efectos directos e indirectos de las sustancias húmicas.....	14
Efectos de las sustancias húmicas en el suelo y zona radicular.....	16
Efectos biológicos de las sustancias húmicas en la planta.....	16
Ventajas que brinda el uso de sustancias húmicas en agricultura.....	16
Estado actual del conocimiento.....	17
Efectos en la germinación y raíz.....	18

Efectos en la parte área.....	19
Efectos en frutos.....	21
Usos prácticos.....	24
Mezcla de sustancias húmicas con fertilizantes arrancadores.....	24
En almácigos, pre-plantación y plantación.....	24
Mezcla con fertilizantes edáficos sólidos.....	24
Mezcla con fertilizantes foliares y plaguicidas.....	25
Sustancias húmicas comerciales.....	25
Áreas de oportunidad.....	26
Conclusiones.....	27
Referencias bibliográficas.....	28
Consultas internet.....	31

## INDICE DE FIGURAS

### PÁGINAS

Figura 1.- Esquema de los componentes de la materia orgánica del suelo.....	5
Figura 2.- Esquema del mecanismo de formación de las sustancias húmicas en el suelo.....	7
Figura 3.- Propiedades fisicoquímicas de las sustancias húmicas.....	11
Figura 4.- Estructura química - modelo de los ácidos húmicos.....	12
Figura 5.- Estructura química - modelo de los ácidos fúlvicos.....	13
Figura 6.- Efectos variables de las sustancias húmicas.....	14
Figura 7.- Efectos de los AH en la emisión de raíces en el arroz ( <i>O. sativa</i> var. IACuba30).....	19
Figura 8.- Crecimiento de plántula de arroz ( <i>O. sativa</i> var. IACuba30) tratadas con ácidos húmicos.....	20

**INDICE DE CUADROS  
PÁGINAS**

Cuadro 1.- Contenido en ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales.....9

Cuadro 2.- Composición elemental de las Sustancias Húmicas.....13

Cuadro 3: Efecto de aplicaciones foliares de humus líquido a diferentes concentraciones sobre la masa foliar a los 53 DDS.....21

Cuadro 4: Efecto de vermicompost líquido sobre el número de frutos de fresa variedad San Andreas producida en invernadero.....23

Cuadro 5. Efecto de vermicompost líquido sobre el rendimiento de fresa variedad San Andreas producida en invernadero.....23

Cuadro 6.- Características principales de enmienda húmica comercial.....25

Cuadro 7.- Características principales de sustancias húmicas comerciales.....26

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una necesidad urgente de encontrar un equilibrio entre la producción de los alimentos sanos y el cuidado de nuestro ecosistema, ya que la población mundial es cada vez mayor y la conservación de la biodiversidad biológica es menor, así como el uso en el suministro de materia orgánica o insumos de bajo nivel de contaminación a nuestros recursos naturales como el agua, aire y suelo (Dodd, 2000).

A pesar de que la materia orgánica (MO) no es el componente más abundante en la mayoría de los suelos, sí es el más importante en todos debido a la gran actividad física, química y biológica que genera. Por las numerosas cualidades benéficas que aportan los materiales orgánicos, su uso a través del tiempo se ha convertido en una base importante para la explotación de los suelos agrícolas.

La mayor parte de la agricultura se desarrolla sobre suelo, y en ese caso, la materia orgánica del suelo se describe, frecuentemente, como el factor clave para la fertilidad del mismo. Pero incluso para cultivos sobre sustratos inertes, la materia orgánica puede jugar un papel importante, si es considerada como un agente bioestimulante o bioactivador (Ramos, 2000).

La materia orgánica se refiere a la totalidad de los compuestos de origen orgánico que se superponen a la fracción mineral del suelo. Está compuesta de moléculas pequeñas, grasas y ceras, polisacáridos, sustancias húmicas, enzimas y la biomasa en microorganismos de origen vegetal y animal. Estos materiales provienen de la descomposición del material vivo (plantas y animales). La MO es benéfica para el suelo y una forma de incrementarla es con la adición de abonos orgánicos o fertilizantes orgánicos. Estos abonos son productos que se agregan al suelo llevando consigo materia orgánica y que proviene de la descomposición o desechos de materiales vivos (Inpofos, 2001).

El termino humus, se utilizó en la antigüedad para hacer referencia a la totalidad del suelo. Posteriormente se ha empleado como sinónimo de materia orgánica, mientras que en la actualidad, hace referencia a una fracción de dicha materia orgánica que engloba a un grupo

de sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, muy resistentes al ataque microbiano, de alto peso molecular, de naturaleza coloidal y propiedades ácidas; el humus está formado por sustancias húmicas y no húmicas aunque los términos humus y sustancias húmicas, son empleados como sinónimos por algunos autores (Stevenson, 1994).

Los países en donde más se ha desarrollado su estudio son: Estados Unidos de América, Rusia, Francia, Alemania, Italia y Canadá. Se ha estudiado con gran amplitud el proceso de humificación y hasta ahora se conoce su función en cuanto a las características y el modo de acción de las moléculas de las sustancias en los suelos agrícolas y su efecto benéfico en la nutrición vegetal (Hernández, 2011).

Los agricultores, desde tiempos inmemorables, emplean compost como sustrato para producir la plántula, cuyo componente fundamental es el humus y este compuesto, junto con la leonardita, están constituidos por las sustancias húmicas (SH), las que se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos (Schnitzer, 2000).

Es conocido que con los fertilizantes químicos se soluciona el problema de la nutrición de cultivos, sin embargo, éstos salinizan los suelos por su poder residual, es por ello que se hace necesaria la búsqueda de metodologías ecológica y económicamente factibles. Una práctica común que los agricultores realizan desde tiempos inmemorables, es la adición de residuos tanto de origen vegetal como animal sin descomponer y humificados como son los compost y en los últimos 40 años, en México, el uso del mineral fósil de origen orgánico denominado leonardita, con la finalidad de producir cultivos de alta calidad.

## **ANTECEDENTES**

Desde la más remota antigüedad se ha considerado a la materia orgánica del suelo, como factor esencial para la fertilidad del mismo, por sus numerosas cualidades beneficiosas. A ella pertenece un grupo sustancias que en razón de sus propiedades han sido objeto de numerosas investigaciones, siendo catalogadas de omnipresentes por encontrarse en todos los suelos, sedimentos y aguas (Mac Carthy *et al.*, 1990).

De acuerdo con la Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas en México, sobre todo en el Norte, el uso de ácidos húmicos en la agricultura con fines de fertilización, inicia a fines de los años 80's, ya que empresas dedicadas a la venta de productos agroquímicos expenden los compuestos mencionados, aunque todos estos productos orgánicos provienen de los minerales fósiles, los cuales se importan de Estados Unidos (California, Pensilvania y Atlanta), Europa (Alemania, Italia y España) y el Medio Oriente (Israel).

## **OBJETIVOS DEL CASO DE ESTUDIO**

- Revisar la literatura actualizada y presentar información de la importancia de la aplicación de sustancias húmicas en la agricultura sustentable o ecológica.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### FORMACION DE LAS SUSTACIAS HUMICAS

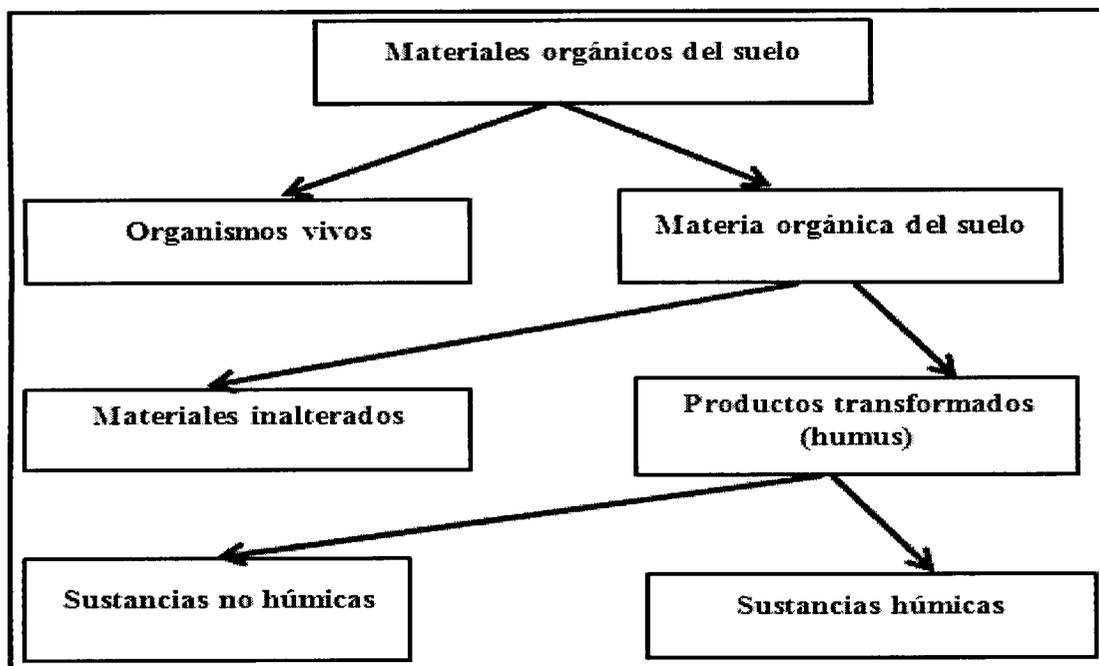
#### Suelo

El suelo es un sistema complejo de muchos componentes (organismos vivos, material orgánico e inorgánico) que interactúan entre sí, y sus propiedades son el resultado de dicha interacción. La acción conjunta de los factores bióticos y abióticos en el proceso de formación del suelo contribuye a la formación de una capa superficial humosa muy apreciada por los agricultores.

#### Materia Orgánica del Suelo

La materia orgánica, en conjunto con el agua, el aire y los minerales, es uno de los principales componentes del suelo. La materia está formada por una infinidad de sustancias orgánicas, incluyendo organismos vivos (biomasa del suelo), carbono remanente de estos organismos muertos y componentes orgánicos productos de metabolismos de la biomasa que actúan en el suelo. Los remanentes de plantas, animales y microorganismos continúan siendo degradados en el suelo y en este proceso nuevas sustancias son sintetizadas por otros microorganismos. (Brady y Weil, 1999).

Suele clasificarse a la materia orgánica del suelo en sustancias húmicas y sustancias no-húmicas. Estas últimas incluyen todas las sustancias clasificables (carbohidratos, lípidos, péptidos y aminoácidos, etc.), mientras que las sustancias húmicas incluyen el resto del material orgánico. De acuerdo con (Drozd *et al.*, 1996), en la Figura 1 se muestra como se clasifica los componentes de la materia orgánica del suelo.



**Figura 1.-** Esquema de los componentes de la materia orgánica del suelo. Fuente (Drozd *et al.*, 1996).

## **Humus**

Uno de los inconvenientes en el estudio de las sustancias húmicas es la falta de definiciones precisas en algunos términos, y su utilización como sinónimos. Por ejemplo, se ha empleado el término humus para designar a la materia orgánica del suelo, es decir a todo el material orgánico presente en el suelo incluyendo las sustancias húmicas. Sin embargo, en la actualidad es utilizado para representar solamente a las SH (David, 2008).

Salazar *et-al.*, (2003) mencionan que el proceso de humificación, no sólo engloba la transformación de los productos originados por la descomposición de las moléculas de alto y bajo peso molecular procedentes de tejidos de plantas superiores, animales y constituyentes celulares microbianos, sino también hace referencia a la síntesis molecular de estos compuestos; todo ello, junto con lo anterior tendrá acciones directas e indirectas sobre la vida vegetal y la dinámica del suelo.

La totalidad de los compuestos que se conceptúan bajo el término humus, abarca un conjunto heterogéneo de sustancias muy polimerizadas, de peso molecular relativamente alto, de color oscuro con propiedades coloidales e hidrofílicas marcadas, que presentan alta capacidad de intercambio iónico y que engloban compuestos aromáticos y alifáticos en sus moléculas.

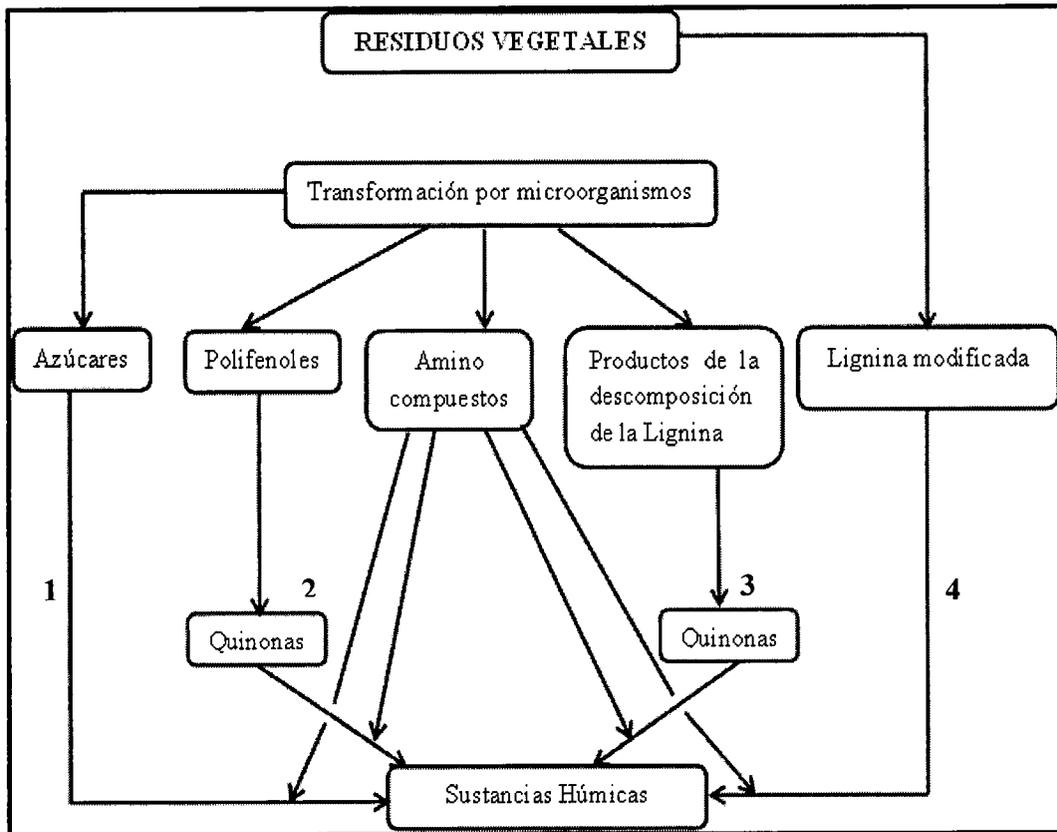
Las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) comprenden el 65-70% de la materia orgánica en los suelos. Estos compuestos son productos de la descomposición de los tejidos de la planta, y se derivan principalmente de la pared celular lignificada.

### **Evolución de la Materia Orgánica del Suelo**

De acuerdo con (Salazar *et al.*, 2003) durante la evolución de la materia orgánica en el suelo esta es sometida a la acción de una complejísima acción enzimática, y comienza la biodegradación de la misma a moléculas más sencillas con frecuencias solubles, la reorganización de algunos de los productos de la transformación de la materia orgánica, la síntesis microbiana de nuevos compuestos orgánicos de tipo húmico o bien compuestos que se integran como tal y forman las nuevas moléculas húmicas.

La formación de las sustancias húmicas es uno de los aspectos menos conocidos de la química del suelo. Existen varias rutas de formación de las sustancias húmicas durante la descomposición de los restos orgánicos (Stevenson, 1982) las más importantes se resume en la Figura 2.

La teoría más popular de la formación de las sustancias húmicas es que estas representan ligninas modificadas (ruta 4 de la Figura 2). Actualmente se aceptan que otras rutas son posibles sin hacer hincapié en una en particular. En la práctica las cuatro rutas deben ser consideradas como probables mecanismos para la síntesis de ácidos húmicos y fúlvicos en la naturaleza (Silva, 1995).



**Figura 2.-** Esquema del mecanismo de formación de las sustancias húmicas en el suelo.  
Fuente: (Stevenson, 1982).

### Principales rutas

Por muchos años se pensó que las sustancias húmicas eran derivadas de la lignina. De acuerdo a esta teoría la lignina es incompletamente utilizada por los microorganismos y el residuo es transformado en parte en el humus del suelo. El material modificado está sujeto a posteriores cambios no conocidos, para producir primero ácidos húmicos y luego ácidos fúlvicos.

En la ruta 3 de la Figura 2, la lignina aún juega un rol importante en la síntesis del humus, pero en diferente forma. En este caso aldehídos fenólicos y ácidos liberados de la lignina durante el ataque microbiano, sufren la conversión enzimática a quinonas, las cuales se

polimerizan en presencia o ausencia de compuestos aminados para formar macromoléculas similares a las sustancias húmicas.

En la ruta 2 es algo similar a la 3 (Figura 2) excepto que los polifenoles son sintetizados por microorganismos a partir de fuentes carbonadas diferentes de la lignina, por ejemplo utilizando celulosa. Los polifenoles son entonces oxidados enzimáticamente a quinonas y convertidos en sustancias húmicas como en la ruta 2.

La ruta 2 y 3 forman la base de la ahora popular teoría de los polifenoles. A diferencia de la teoría de la lignina, el material de partida consiste de compuestos orgánicos de bajo peso molecular a partir de los cuales grandes moléculas son formadas a través de la condensación y polimerización.

Las cuatro rutas que se mencionan en la Figura 2 pueden operar en todos los suelos, pero no con la misma intensidad o importancia. El camino de la lignina puede predominar en suelos pobremente drenados y sedimentos húmedos, mientras que la síntesis a partir de polifenoles puede ser considerada importante en ciertos suelos forestales. Las frecuentes y agudas fluctuaciones en temperatura e irradiación de la superficie del suelo bajo un rígido clima continental, puede favorecer la síntesis del humus por condensación amino-azúcares. (Stevenson, 1982).

### **SUSTANCIAS HÚMICAS DE LA LEONARDITA**

Para la obtención de sustancias húmicas, tiene que haber un proceso de mineralización (transformación de compuestos orgánicos en inorgánicos) y humificación (síntesis y/o biológica de compuestos de degradación de residuos de origen vegetal y animal), para transformarse en humus, el proceso es muy lento y para acelerar este proceso, se han adecuado metodologías que permiten obtener los ácidos a partir del proceso de descomposición de distintos materiales orgánicos (Hernández, 2011).

Existen un gran número de materiales que pueden ser considerados fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos (Cuadro 1). De todos ellos, la Leonardita es con claridad el mejor producto base para su obtención (Payeras, 2013).

**Cuadro 1.-** Contenido en ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales. Fuente: (Payeras 2013).

Material	Ácidos húmicos %	Ácidos fúlvicos %
Leonardita	40	85
Turba negra	10	20
Carbón bituminoso	10	30
Estiércol	4	15
Compost	2	5
Tierra de jardín	1	5
Lodos de depuradora	1	5
Carbón	0	1
Humus de lombriz	2.8	1.5

La diferencia entre la leonardita y otros productos que contienen sustancias húmicas, es su extrema bioactividad debida a su estructura molecular y a su vez su actividad biológica es cinco veces mayor que cualquier otra materia húmica. En cuanto a su formación, se remonta a la era carbonífera del Paleozoico, cerca de 280 millones de años atrás y uno de los yacimientos principales de este mineral se encuentra en Dakota del Norte, E.U.A. Es llamada así en homenaje al Dr. A.G. Leonard, el primer director del Servicio Geológico del Estado de Dakota del Norte y primer científico que estudió las propiedades de esa sustancia (Payeras, 2013).

La leonardita es una roca formada por oxidación de lignitos fósiles, a partir de la misma y por procesos industriales que incluyen homogeneización y tratamientos con agua y soluciones alcalinas se obtienen los ácidos húmicos y fúlvicos que se expenden comercialmente, y su uso en la agricultura es una alternativa utilizada en los últimos años. (Rivero *et al.*, 2004).

## COMPOSICION DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS

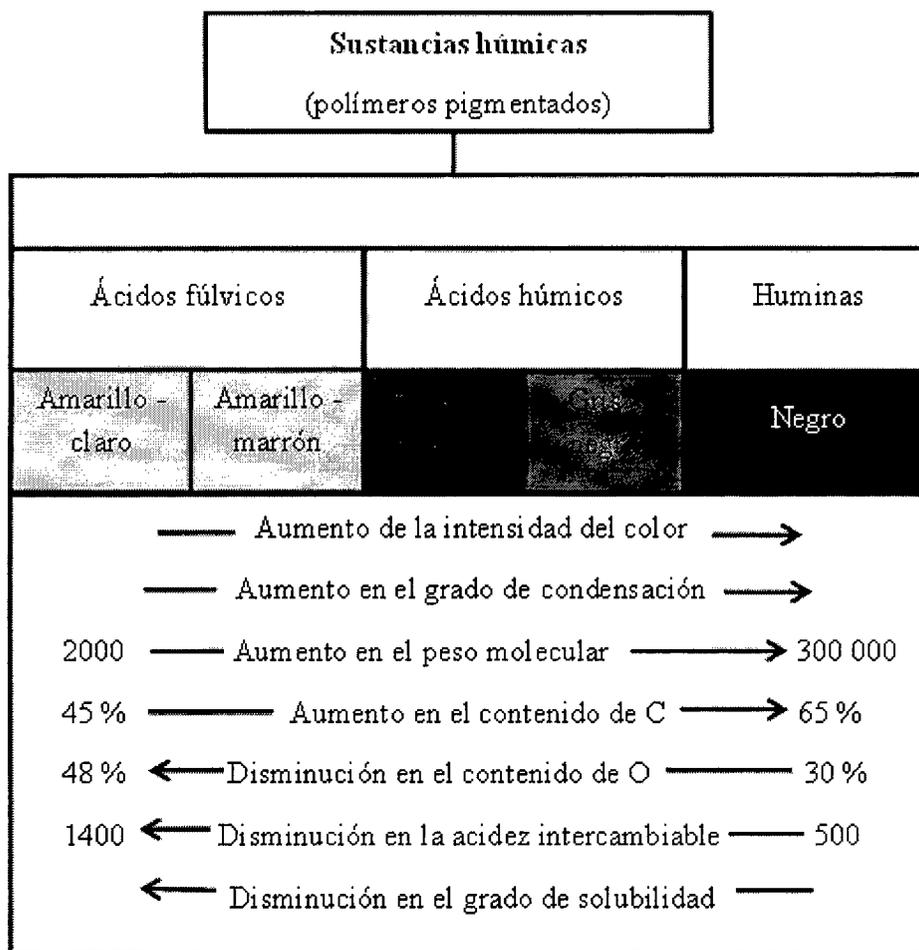
A diferencia de los compuestos no húmicos, las sustancias húmicas no tienen una composición definida y sus propiedades físicas y químicas no son puntuales. Se trata de estructuras complejas, macromoléculas y entre sus propiedades más interesantes está su capacidad de interactuar con metales iónicos para formar complejos que pueden ser solubles o insolubles con las arcillas del suelo y diferentes agroquímicos. Generalmente son de color oscuro, además son sustancias amorfas con peso molecular que varía de 2 mil a 300 mil g/mol (Weil, 1996). En la naturaleza coloidal de las sustancias húmicas, se encuentran dos grupos de compuestos conocidos como ácidos húmicos y ácidos fúlvicos que de acuerdo con (Stevenson, 1994) se definen como:

**Ácidos húmicos:** Material orgánico de color oscuro que puede ser extraído del suelo por álcalis y otros reactivos y que es insoluble en ácido diluido.

**Ácidos fúlvicos:** Fracción de la materia orgánica del suelo que es soluble en álcali y ácido. A pesar de que los ácidos húmicos y fúlvicos comparten en gran medida los efectos en el suelo y en el vegetal, su diferente estructura y propiedades físico-químicas hacen que sean unos u otros más eficaces para determinadas funciones.

## PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS

Las sustancias húmicas son un conjunto de polímeros de alto peso molecular relacionadas entre sí, y sus diferentes propiedades pueden explicarse por las variaciones en el peso molecular, el tipo y número de grupos funcionales (carboxilo, fenol, etc.) y el grado de condensación. Se muestran las relaciones que existen entre las tres fracciones que la componen. En ella puede verse que el contenido de C y O, la acidez y el grado de condensación cambian sistemáticamente con el peso molecular (Stevenson, 1994).



**Figura 3.-** Propiedades fisicoquímicas de las sustancias húmicas. Fuente: (Stevenson 1994).

### ÁCIDOS HÚMICOS

Los ácidos húmicos son la fracción de sustancias húmicas solubles en medios alcalinos e insolubles en ácidos minerales y son de color café oscuro a negro (Tlatempa, 2001). Y los elementos en mayor proporción que componen a los ácidos húmicos son el carbono (C) y el oxígeno (O<sub>2</sub>). El contenido de carbono en los ácidos húmicos, está alrededor de 54 a 59%, mientras que la concentración de oxígeno varía entre 33 a 38 %. En los ácidos húmicos el contenido de carbono es de 10% mayor y el contenido de oxígeno 10% menor que en los ácidos fúlvicos. (Stevenson, 1994).

## Estructura química de los ácidos húmicos

Se postuló para los ácidos húmicos una estructura macromolecular aromática compleja con aminoácidos, azúcares, péptidos y compuestos alifáticos que participan en la unión entre grupos aromáticos. La estructura de los AH, contiene grupos OH fenólicos, estructuras quinónicas, N y O como puentes y grupos COOH aromáticos, como se muestra a continuación.

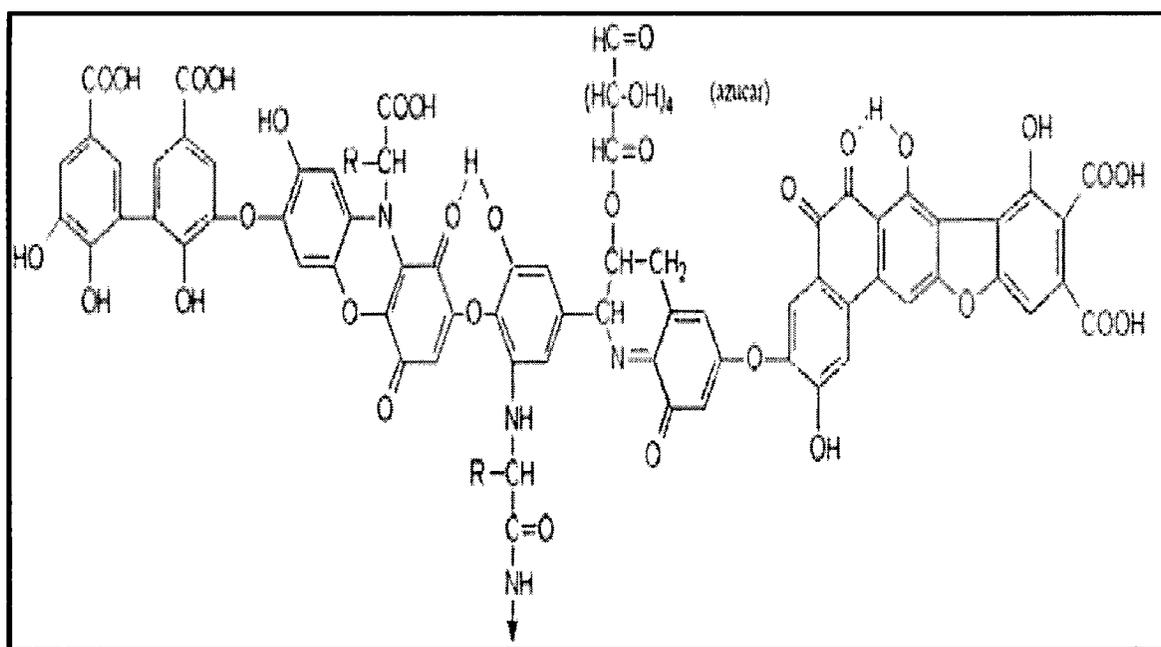


Figura 4.- Estructura química - modelo de los ácidos húmicos. Fuente: (Stevenson, 1982).

## ÁCIDOS FÚLVICOS

Los ácidos fúlvicos (AF) es la fracción de sustancias solubles en medios alcalinos y no se precipita en medios ácidos (Morales, 2003).

Del 75 – 90 por ciento de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de materia orgánica, está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc. (Meléndez, 2003). Continúa al decir que los (AF) se distinguen de los AH por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en

carbono (menos del 55 %) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales.

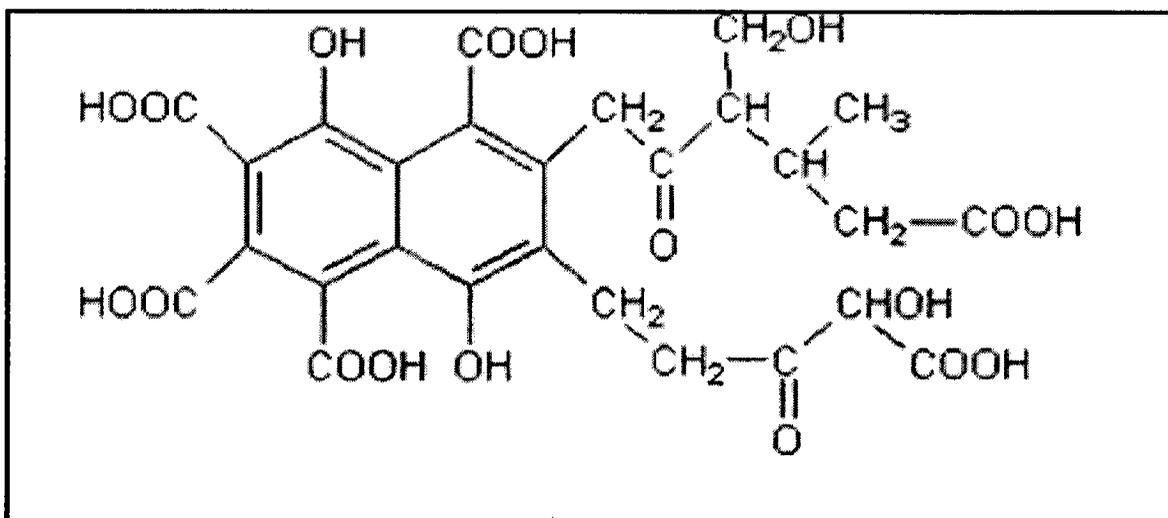
Los ácidos fúlvicos el contenido de carbono que presentan varia de 40.7 a 50.6% y el oxígeno de 39.7 a 49.8%, (Stevenson, 1994). Otros concuerdan en la composición elemental de las sustancias húmicas como se presenta en el siguiente Cuadro.

**Cuadro 2.-** Composición elemental de las sustancias húmicas, (David, 2008).

Sustancias	% (en base a material seco y sin cenizas)			
	C	H	O	N
Ácidos húmicos	52 - 62	3.0 - 5.5	30 - 35	3.5 - 5.0
Ácidos fúlvicos	44 - 49	3.5 - 5.0	44 - 49	2.0 - 4.0
Huminas	54 - 65	3.2 - 7.6	28 - 32	2.0 - 4.2

### Estructura química de los ácidos fúlvicos

La estructura modelo del AF contiene estructuras aromáticas y alifáticas, ambas muy sustituidas con grupos funcionales oxigenados, como se muestra continuación.



**Figura 5.-** Estructura química - modelo de los ácidos fúlvicos. Fuente: (Buffle, 1977).

## LAS SUSTANCIAS HUMICAS EN EL DESARROLLO DE LOS CULTIVOS

### Efectos directos e indirectos de las sustancias húmicas

Los efectos que ejercen las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal pueden intervenir de manera directa e indirecta en el desarrollo de las plantas, por tanto se consideran efectos indirectos aquellos que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos y efectos directos a los que actúan sobre el vegetal en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento y la toma de nutrientes (García, 1990).

Estos efectos pueden variar en función: del origen, el contenido de grupos funcionales y concentración de las sustancias húmicas, así como de la especie vegetal, edad y estado nutricional de la misma, Figura 6.

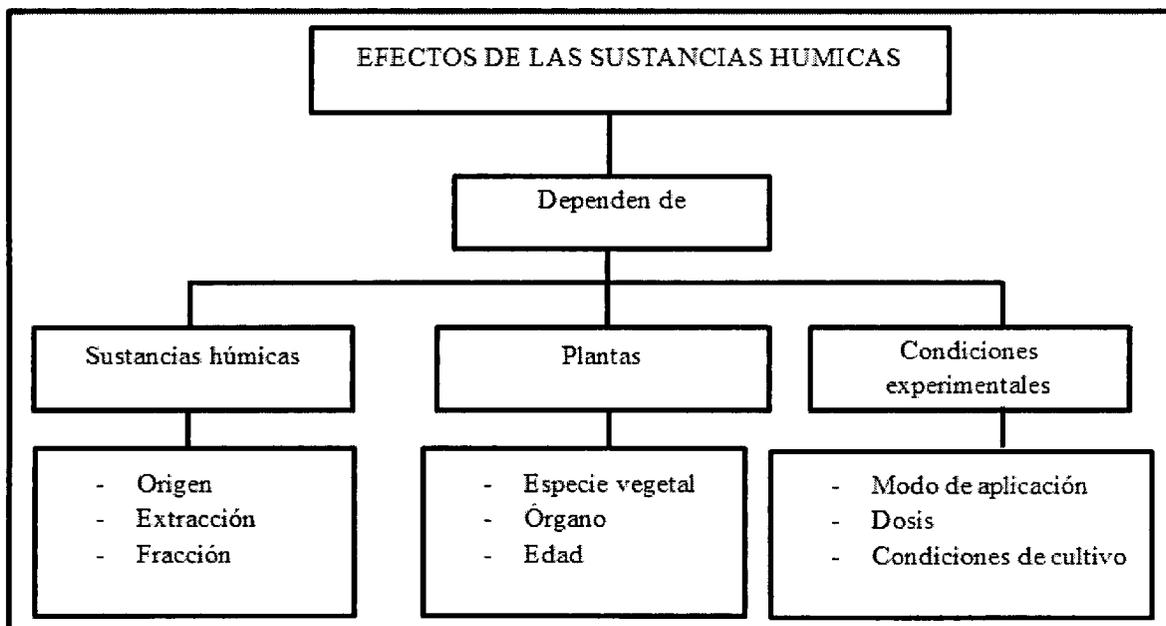


Figura 6.- Efectos variables de las sustancias húmicas (García, 1990).

Las sustancias húmicas pueden ejercer efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de las plantas. El efecto indirecto se relaciona con la capacidad de las sustancias húmicas de regular el flujo de nutrientes por su alta capacidad de intercambio catiónico; solubilización de microelementos como el Fe, Zn, Mn, Cu y algunos y algunos macroelementos como el

K, Ca, P. Además pueden reducir los niveles activos de elementos tóxicos y formar complejos orgánicos con herbicidas, fungicidas, insecticidas y reguladores de crecimiento potencializando el efecto de estos, por lo que su eficiencia y rango de acción se incrementa, (Singh *et al.*, 1997).

El mecanismo de acción de los ácidos húmicos en las plantas no es conocido en su totalidad. Pero en la actualidad el papel de las sustancias húmicas en el desarrollo de los cultivos tiene una gran importancia debido a las funciones que pueden ejercer en la disponibilidad de nutrientes actuando como un agente quelante y/o acarreador de cationes (Hernández, 2011). Esto ha llevado a que en los últimos años se ha intensificado el uso de las sustancias húmicas en la agricultura debido a que tienen la capacidad de mejorar el rendimiento y la calidad de las cosechas.

Sin duda la genética es el principal artífice de la enorme mejora productiva de muchas especies vegetales. Sin embargo, esta ciencia no puede ser considerada como la única responsable de los éxitos alcanzados. Resulta obvio que la creciente capacidad de control de los parásitos y el mayor conocimiento de la fisiología vegetal, sobre todo desde el punto de vista nutricional, han contribuido de manera muy significativa, a dichos avances. Y es aquí donde entran a jugar un papel decisivo productos tales como las sustancias húmicas, que exaltan la capacidad de absorción y traslocación de nutrientes por las plantas, de manera que cada proceso de biosíntesis se ve optimizado con beneficios productivos y cualitativos (Dubbini, 1995).

Rodríguez *et al.*, (2010) aseguran que las sustancias húmicas tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas; además, influyen en la movilidad de compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y contaminantes, removiéndolos de las soluciones acuosas. Son una reserva y a la vez fuente de N, P, S y micronutrientes para las plantas, proporcionan energía a los microorganismos, liberan CO<sub>2</sub>, forman y mantienen la estructura del suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención de agua del suelo, amortiguan cambios de pH y salinidad en el suelo, retienen los nutrientes por sus propiedades de intercambio

catiónico, incrementan la temperatura del suelo por optimizar los regímenes hídrico, eólico y térmico; incrementan la disponibilidad de algunos nutrientes que de otro modo formarían compuestos escasamente solubles, incrementan el almacén de nutrientes, protegen al ambiente de la acción de metales tóxicos y algunos pesticidas.

### **Efectos de las sustancias húmicas en el suelo y zona radicular**

- Mayor capacidad de absorción y retención de agua en el suelo.
- Mantienen un estado de agregación adecuado en el suelo debido a su interacción con otros componentes del mismo.
- Favorecen a la flora microbiana del suelo aumentando la mineralización y fijación el nitrógeno de la atmósfera.
- Retiene los fertilizantes inorgánicos solubles en la zona de la raíz
- Incrementa el porcentaje de nitrógeno en el suelo y de sustancias minerales y orgánicas esenciales para el crecimiento de la planta.
- Posee una alta capacidad de intercambio iónico. (Samaniego, 2013).

### **Efectos biológicos de las sustancias húmicas en la planta**

- Aumenta la permeabilidad de las membranas celulares.
- Incrementa el contenido de vitaminas en las plantas.
- Estimula el crecimiento de las raíces.
- Incrementa la respiración en las raíces.
- Interviene en el proceso de fotosíntesis.
- Activador enzimático. (Samaniego, 2013).

### **Ventajas que brinda el uso de sustancias húmicas en agricultura**

- Notable poder secuestrador de cationes del suelo desbloqueándolos de sus formas insolubles y poniéndolos a disposición de las plantas.

- Actúa como fijador del amoníaco, disminuyendo el proceso de desnitrificación con lo que aumenta la capacidad de fijación y utilización del nitrógeno del suelo.
- Desbloquea los compuestos insolubles de fósforo poniéndolo a disposición de la planta.
- Transporta macro y micronutrientes de las raíces a la parte aérea y trasloca los nutrientes a diferentes partes de la planta, favoreciendo un equilibrio nutricional.
- Facilita la nutrición a través de las hojas, pues modifica la permeabilidad de la membrana, quelata los elementos menores y forma complejos con los elementos mayores que son aceptados por la planta como parte integral de su fisiología.
- Forma complejos orgánicos con los herbicidas, fungicidas e insecticidas que también son potencializados ampliando su rango de control y eficiencia.
- Modifica la estructura de los suelos defloculados por exceso de sales, removiéndolas de las micelas del suelo mediante quelación y donación de electrones en sustitución de los mismos, incrementando la capacidad de intercambio iónico. (Samaniego, 2013).

## **ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO**

Distintas investigaciones se han llevado a cabo en la búsqueda de resultados benéficos para mejorar la producción agrícola mediante el uso de sustancias húmicas.

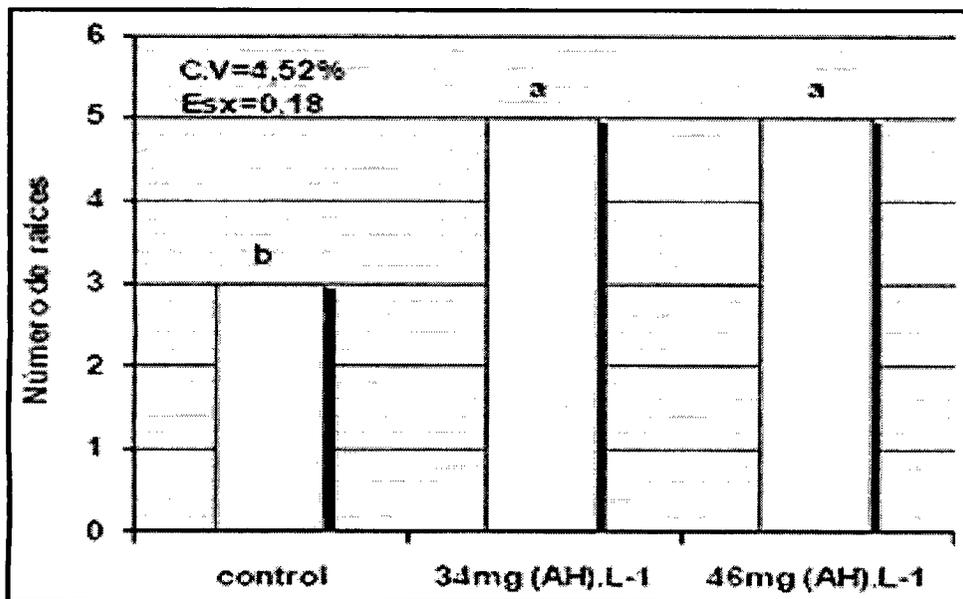
Las sustancias húmicas tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, especialmente sobre aquellos que presentan malas condiciones físicas, que dificultan la producción de cultivos (Rodríguez *et al.*, 2010). En el suelo, estos compuestos mejoran la estructura de los sustratos, incrementan la capacidad de intercambio del suelo y movilizan micronutrientes (Olmos *et al.*, 1998). Además, las sustancias húmicas se usan para descontaminar suelos, tanto de agentes orgánicos como de metales pesados (Rebhun *et al.*, 1996).

Arteaga *et al.*, (2007) evaluaron el efecto de un humus líquido comercial de vermicompost (Liplant) sobre la población microbiana y su actividad biológica de un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado en barbecho por más de 15 años al que se le aplicó dosis extremas de Liplant, (diluciones de concentraciones de 1:10 y 1:20 v:v), realizando tres experimentos durante dos años, en los cuales se determinó la influencia de la aplicación sistemática del bioestimulante Liplant, sobre el desarrollo de grupos aislados del suelo y número de algunos de los grupos de la microflora más importantes del mismo, en función del tiempo y la dinámica de su actividad respiratoria. En los resultados encontraron que los microorganismos aislados del suelo no mostraron inhibición por la adición del Liplant, puro y en dilución 1:10 y 1:20, en ensayos *in vitro*. La presencia del Liplant en las concentraciones estudiadas a largo plazo (mayores de un año), favorece la fertilidad del suelo, mejora la humificación de la materia orgánica y la disponibilidad de fósforo para las plantas y el medio edáfico.

### **Efectos en la germinación y raíz**

El estudio de los efectos benéficos de las sustancias húmicas en el desarrollo de vegetales en diferentes etapas, se ha centrado principalmente en la germinación de semillas y producción de plántulas ya que se ha encontrado que mejora la germinación y aumenta el porcentaje de germinación en jitomate. Se ha observado una mayor imbibición y germinación de semillas de trigo, maíz y cebada, crecimiento de raíz, además promueve un aumento en la respiración. La aplicación de sustancias húmicas en soluciones nutritivas ha mostrado efectos benéficos sobre cultivos de: tomate, pimiento, trigo, maíz, mijo, frijol y geranio. (Ramos, 2000).

Hernández *et al.*, (2012) evaluaron el efecto de ácidos húmicos extraídos de vermicompost de estiércol de vacuno sobre la germinación y estrés oxidativo, aplicaron dos concentraciones de AH (34 y 46 mg.L<sup>-1</sup>). Encontraron que ambas concentraciones de ácidos húmicos estimularon la emisión de raíces en Arroz en un 60% por encima del control a los cinco días después de germinadas.



**Figura 7.-** Efectos de los AH en la emisión de raíces en el arroz (*O. sativa* var. IACuba30). Fuente: Hernández *et al.*, (2012).

Por otra parte Vázquez en (2012) al determinar la efectividad de sustancias húmicas extraídas de leonardita en la calidad de plántula de melón en invernadero y peat moss con perlita como sustrato aplicando tres dosis diferentes (1, 2 y 3 ml.L<sup>-1</sup> de agua) al momento de la siembra de un ácido húmico y un ácido fúlvicos comercial, encontró que al agregar 2 ml.L<sup>-1</sup> de agua del ácido fúlvicos se presentaron efecto positivos en las variables medidas a la raíz (longitud de raíz, área radicular y diámetro radicular), mientras que el ácido húmico tuvo efecto benéfico en el peso seco de la hoja y en la longitud del tallo al aplicar la dosis de 3 ml.L<sup>-1</sup> de agua.

### Efectos en la parte área

Existen muchos reportes que revelan que los ácidos húmicos y fúlvicos estimulan el crecimiento vegetal en términos de longitud y peso fresco y seco, pero esto está en función de las fuentes de las sustancias húmicas y de las condiciones en las que se desarrolle el cultivo. (Hernández, 2011).

Hernández *et al.*, (2012) evaluaron el efecto de ácidos húmicos extraídos de vermicompost sobre el crecimiento de plántulas de arroz y aplicaron dos concentraciones de AH (34 y 46

mg.L<sup>-1</sup>). Además las plántulas fueron sometidas a estrés hídrico. En este momento las plántulas disminuyeron su ritmo de crecimiento y las del control no continuaron creciendo, sin embargo se observó un ligero crecimiento en las plántulas que fueron tratadas con AH, aún con deficiencia de agua, (Figura 8).

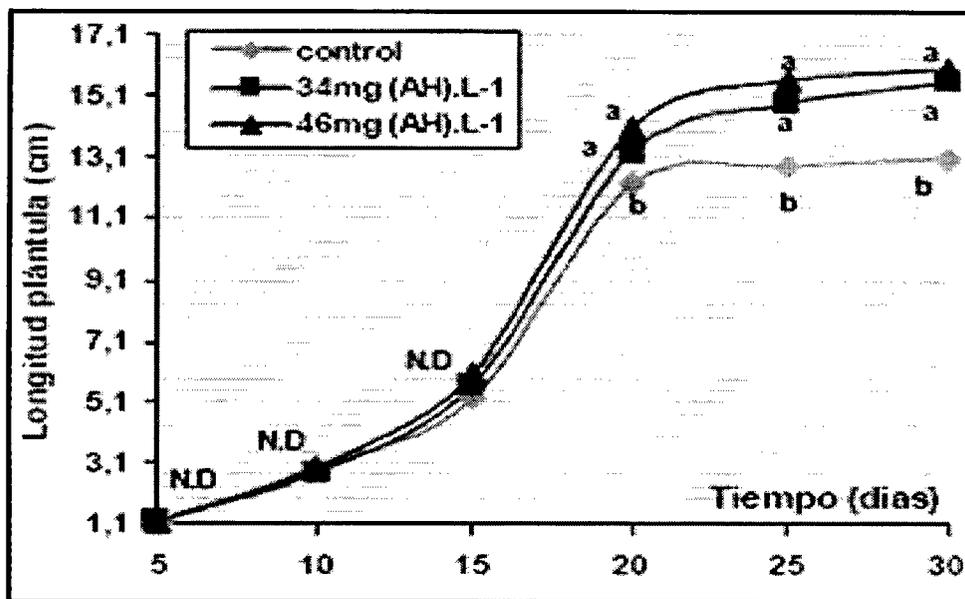


Figura 8.- Crecimiento de plántula de arroz (*O. sativa* var. IACuba30) tratadas con ácidos húmicos. Fuente: Hernández *et al.*, (2012).

Huelva *et al.*, (2002), también emplearon humus líquidos extraídos de vermicompost para evaluar el efecto de su bioactividad en el cultivo de soya *Glycine max*; Var: Incasoy-24, empleando tres diferentes concentraciones (1:20, 1:30, 1:40 v/v) las cuales fueron asperjados foliarmente y un testigo al cual no se le realizó aplicación foliar alguna. Las aplicaciones foliares fueron dos las cuales se ejecutaron durante el crecimiento vegetativo de las plantas, a los 31 y 50 días después de la siembra (DDS).

**Cuadro 3:** Efecto de aplicaciones foliares de humus líquido a diferentes concentraciones sobre la masa foliar a los 53 DDS.

Tratamientos	Masa fresca (g)	Masa Seca (g)	Masa Foliar Especifica (g/dm <sup>2</sup> )
Control	0.2294 b	0.0776 a	2.44 a
HL 1:20	0.2944 a	0.0898 b	2.57 ab
HL 1:30	0.2896 a	0.0865 ab	2.67 b
HL 1:40	0.3088 a	0.0759 ad	2.61 b
Esx	0.006	0.003	0.05
Significancia	***	*	*

a...d/ medias con desiguales letras difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ), Duncan (1960).

En el Cuadro anterior (Cuadro 3) se muestra que los indicadores relativos a la masa foliar fueron estadísticamente modificados por las aplicaciones de las diferentes concentraciones de humus líquido con respecto al control. En este sentido en general se aprecian aumentos tanto en la masa foliar fresca como en la masa seca, indicativo de que la composición del producto por sus concentraciones parciales logra estimular la acumulación de masa. En lo que respecta a la masa foliar específica se observa que la concentración de 1:30 aventajó en valor al resto de los tratamientos implicando en el análisis el aumento de la masa fue más expresivo que la expansión foliar reportada para las sustancia húmicas. Por tanto se establece que la aplicación foliar de diluciones de humus líquido obtenido a partir de vermicompost, demostró provocar efectos bioactivos o bioestimulantes en el aumento de la masa foliar de las plantas tratadas.

### Efectos en frutos

La aplicación prolongada de sustancias húmicas tiene un efecto positivo en la calidad de la fruta, reduce el número de frutos deformes y aumenta el contenido de azúcar. Estos efectos positivo sobre la calidad de la fruta probablemente se deben a un efecto positivo indirecto de las aplicaciones foliares de ácido húmico de toda la planta. (Hernández, 2011).

Durante la maduración del fruto y en la cosecha, los ácidos húmicos estimulan la acumulación de pigmentos, lo que resulta en hojas más verdes con mayor eficiencia fotosintética, lo que da como resultado mejor calidad del fruto e incrementó la resistencia a la pudrición de fruta. Ciertos estudios realizados en Chile se ha encontrado que tanto la aplicación al suelo o vía foliar el tratamiento tiene éxito y podría ser utilizado para mayor rendimiento de fruta y pueden mejorar significativamente la calidad de fruto en pimiento cultivado orgánicamente (Karakurt, 2009).

Ramos, (2000) menciona que la aplicación foliar de sustancias húmicas en dosis crecientes no influyeron en los rendimientos productivos de un cultivo sin suelo de tomate cv. Daniela. Sin embargo en los parámetros de calidad nutricional de los frutos se ven estimulados (vitamina C, azúcares y proteínas totales). El contenido de proteínas totales en frutos aumenta considerablemente a dosis bajas.

Ramos (2011) determinó el efecto del vermicompost como fertilizante líquido y como sustrato sobre la calidad de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad San Andreas, bajo condiciones de invernadero.

Se evaluaron dos sustratos: suelo y una mezcla de suelo y vermicompost. Se aplicaron cuatro tratamientos de fertilización líquida: 1) Solución nutritiva (F), 2) Agua (A), 3) Mezcla Solución nutritiva y vermicompost líquido (F + HL), 4) Vermicompost líquido (VL).

Los resultados que obtuvo al aplicar vermicompost líquido al suelo, observó en la variable número de frutos un efecto de los diferentes tratamientos aplicados (Cuadro 4) donde F, F+VL y VL son estadísticamente iguales los cuales superan al tratamiento A en un 41%, sin embargo se observa una tendencia en el tratamiento F+VL a incrementar el número de frutos.

**Cuadro 4:** Efecto de vermicompost líquido sobre el número de frutos de fresa variedad San Andreas producida en invernadero. Fuente: (Ramos, 2011).

Tratamiento	Numero de frutos
F	71 a
A	47 b
F + VL	88 a
VL	80 a
CV	24.42
DMS	23.17

F= Solución fertilizante, VL= vermicompost líquido, A= agua, CV= Coeficiente de variación. Medias seguidas por letras distintas indican diferencia significativa por columnas. Se presentan las medias de los tratamientos, su separación se realizó con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS). ( $p < 0.05$ ,  $n=3$ ).

El rendimiento se vió influenciado significativamente por la aplicación de los diferentes tratamientos (Cuadro 5), donde los tratamientos F+VL, VL y F forman un grupo de significancia estadística, mientras que otro grupo lo forman F y A que son estadísticamente iguales. La aplicación de vermicompost combinado con fertilizante o solo, superó al tratamiento con agua en un 45% y 42% respectivamente.

**Cuadro 5.** Efecto de vermicompost líquido sobre el rendimiento de fresa variedad San Andreas producida en invernadero. Fuente: (Ramos, 2011).

Tratamiento	Rendimiento (g)
F	1175.5 ba
A	801.9b
F + VL	1471.0 a
VL	1396.5 a
CV	23.74
DMS	382.84

F= Solución fertilizante, VL= vermicompost líquido, A= agua, CV= Coeficiente de variación. Medias seguidas por letras distintas indican diferencia significativa por columnas. Se presentan las medias de los tratamientos, su separación se realizó con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS). ( $p < 0.05$ ,  $n=3$ ).

Los efectos positivos sobre la calidad de los frutos se presentaron fundamentalmente en el tamaño, lo cual podría tener repercusiones importantes en la calidad de exportación de este producto. Los resultados de este experimento permiten considerar que las soluciones nutritivas, tradicionalmente utilizadas en los sistemas de producción en invernadero,

pueden ser reemplazadas por productos como el vermicompost líquido, cuyo contenido de elementos nutritivos puede satisfacer las necesidades de este cultivo.

## USOS PRÁCTICOS

### **Mezcla de sustancias húmicas con fertilizantes arrancadores**

Samaniego, (2013). menciona que una excelente manera de asegurar el crecimiento inicial de una planta es aplicar fertilizantes con fósforo más sustancias húmicas. (P, Ca, Zn enraizamiento). Investigaciones comprueban el valor de las sustancias húmicas aplicadas en semillas.

La recomendación para mezclas con fertilizantes arrancadores es:

- Una dosis baja (1 %) en fórmulas 10-31-00 ó 8-24-00 es recomendado. (95 – 100 l.ha<sup>-1</sup> de la formulación pueden ser aplicados directamente en los suelos en el trasplante)

### **En almácigos, pre-plantación y plantación**

El ácido húmico líquido más aceptado es en preplantación y con arrancadores enriquecidos con fósforo. Esta aceptación se dio por el hecho de que las sustancias húmicas pueden mejorar en gran cantidad la disponibilidad del fosfato, favoreciendo así el enraizamiento y rápido prendimiento de plántulas.

### **Mezcla con fertilizantes edáficos sólidos.**

Para evitar el bloqueamiento de los elementos por acción de pH, adsorción de arcillas o cualquier otra propiedad del suelo que actúa negativamente para la planta.

Disminuye las pérdidas especialmente del nitrógeno, en lugares con alta temperatura.

La recomendación es:

- Mezclar 2-4 Kg por saco de fertilizante dosis por hectárea sugerida es: 20 - 120 Kg.

### Mezcla con fertilizantes foliares y plaguicidas

Para potenciar su aprovechamiento y efectividad por parte de la planta y hasta disminuir dosis de éstos cuando son aplicados en el momento oportuno.

Todo producto de acción sistémica, es ayudado a penetrar más rápidamente puesto que las sustancias húmicas incrementan la permeabilidad de la membrana celular (compatibilidad por similitud de componentes – fosfolípidos).

### SUSTANCIAS HÚMICAS COMERCIALES

Cada año aparecen en el mercado más enmiendas orgánicas de carácter comercial que afirman contener sustancias húmicas de distintos orígenes, (De Liñán, 1998, 2002). Debido a esto hay parámetros para regular, definir y caracterizar las enmiendas orgánicas que contienen sustancias húmicas:

- **Enmienda húmica sólida:** Producto sólido que aplicado al suelo aporta humus mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Siendo sus contenidos mínimos en elementos fertilizantes:

- 

**Cuadro 6.-** Características principales de enmienda húmica comercial.

Materia orgánica total ( % p/p)	$\geq 25$
Extracto húmico total (% p/p) (Ácidos húmicos + Ácidos Fúlvicos)	$\geq 5$
Ácidos húmicos (% p/p)	$\geq 3$
Humedad máxima (% p/p)	$\geq 40$

- **Ácidos húmicos líquidos.** Producto en solución acuosa obtenido por tratamiento o procesado de turba, lignito o leonardita. Siendo sus contenidos mínimos en elementos fertilizantes:

**Cuadro 7.-** Características principales de sustancias húmicas comerciales.

Materia orgánica total (% p/p)	$\geq 25$
Extracto húmico total (% p/p) (Ácidos húmicos + Ácidos fúlvicos)	$\geq 15$
Ácidos húmicos (% p/p)	$\geq 7$
Humedad máxima (% p/p)	$\geq 40$

### **AREAS DE OPORTUNIDAD**

Con esta información recopilada, se demuestra que el uso de las sustancias húmicas en la agricultura es una opción para mejorar el sistema de producción para diferentes tipos de cultivos, ya que su aplicación siempre tendrá efecto benéfico. Actualmente con la creciente demanda de fertilizantes químicos y el uso exagerado de estos para incrementar el rendimiento en producción los suelos cada vez se vuelven más contaminados y ahí es donde las sustancias húmicas entran a jugar un papel importante ya que por medio de estas se puede reducir el uso de fertilizantes de origen inorgánico, de manera que se combinen la nutrición de los cultivos mitad fertilizantes químicos y mitad orgánicos para así reducir la devastación de los suelo y aumentar su fertilidad.

A pesar de las diferentes pruebas que se han realizado para incrementar el uso de productos orgánicos, se necesita establecer más experimentos para demostrar que las sustancias húmicas pueden llegar a reemplazar los agroquímicos y así ser consideradas como fertilizantes y no solo como un mejorador de algunas propiedades del medio de cultivo.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se recapitula el aporte de las sustancias húmicas en la agricultura. Independientemente de la fuente de materia orgánica la sustancias húmica son probablemente los materiales de carácter orgánico más ampliamente distribuidos en la naturaleza, representando aproximadamente el 50 % de la materia orgánica total del suelo y debido a su complejidad y los efectos que presentan en las plantas han sido objeto de estudio.

Las sustancias húmicas no se fabrican, sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica. Dentro de los materiales orgánicos que se forman de tipo sedimentario son de especial interés la leonardita, material húmico con un grado de pureza promedio del 80 por ciento. Esto permite que el material pueda ser aplicado directamente al suelo sin temor de contaminar con metales pesados u otras sustancias tóxicas.

Las sustancias húmicas son una opción para mejorar la producción agrícola actual, debido a que son de origen orgánico y no causan efectos negativos al medio ambiente, tendiendo hacia los principios de la nueva revolución verde orientada a una agricultura sustentable y amigable con el medio ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arteaga, M., Garcés, N., Novo, R., Guridi, F., Pino, J. A., Acosta, M., & Besú, D. 2007. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo: influence of liplant bioestimulant systematic application on some soil biological indicators. *Revista de Protección Vegetal*, 22(2), 110-117.
- Brady, N.; Weil, R. 1999. *The nature and properties of Solis*. 12a ed. PrenticeHall, New Jersey, U.S.A. 881 p.
- Buffle J. A. E. 1977. Humic substances in water and their interaction with mineral ions. *Techniques et Sciences Municipal*, 72: 3 - 10.
- David Gara, P. M. 2008. Extracción, caracterización de sustancias húmicas y su empleo en procesos fotoquímicos de interés ambiental (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas).
- De Liñán, C. 1998. *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Agrotécnicas, SL. Madrid.
- De Liñán, C. 2002. *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Agrotécnicas, SL. Madrid.
- DROZD, J., WEBER. 1996. The role of humic substances in the ecosystem and in environmental protection. Proc. 8th Meeting of the. IHSS. Wroclaw.
- Dodd J. C. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro- and natural ecosystem, *Outlook Agr.* 29, 63-70.
- Dubbini, G. 1995. Interés de los bioestimulantes. *Hortoinformación*, 9, 50, 51.
- García, C. 1990. Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia.
- International Humic Substances Society (IHSS). 1996. *Soil Humic Substances*. IHSS8.
- Hernández Hernández, A. (2011). Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en invernadero.
- Hernández, R., García, A., Portuondo, L., Muñiz, S., Berbara, R., & Izquierdo, F. 2012. Protección antioxidativa de los ácidos húmicos extraídos de vermicompost en

- arroz (*Oryza sativa* L.) var. IACuba30. *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 102-110.
- Huelva, R., Ruiz, E., Guridi, F., Garcés, N., Ramos, A., & León, P. 2002. Evaluación de la bioactividad del humus líquido obtenido a partir de vermicompost en el cultivo de la soya (*Glycine max*; var: Incasoy-24). Primer Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica, ACTAF. Libro resumen, La Habana: INCA.
  - INPOFOS. 2001. Instituto de la potasa y el fosforo. Verdades y mitos sobre la materia orgánica y los abonos orgánicos. *Informaciones agronómicas* 5 (1): 4-5.
  - Karakurt Y., H. Unlu, H. Unlu., H. Padem 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculture Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, Vol. 59, Issue3.
  - León de Alba, j. 2003. Efecto de la fertilización en el aguacate "Hass" sobre el rendimiento y tamaño de fruto. Tesis de maestría. Facultad de agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit.
  - MacCarthy, P., Clapp, C. E. Malcolm, R. L. Bloom, P. R. 1990. An introduction to soil humic substances. In *Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected reading*. P. Maccarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds.). Proceedings of a Symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 1985. pp: 161-186.
  - Meléndez, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Residuos orgánicos y la Materia Orgánica del Suelo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
  - Morales M. J. 2003. Efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el cultivo de liliium (*lilium* híbrido asiático). Tesis de licenciatura. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México 107p.
  - O" Donnell, R. W. 1973. The auxin – like Effects of Humic Preparations from Leonardite. *Soil Science*, 116: 106-112.
  - Oliver Albert, M. 2009. Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate.
  - Olmos, S., Esteban, E., & Lucena, J. J. 1998. Micronutrient extraction in calcareous soils treated with humic concentrates. *Journal of plant nutrition*, 21(4), 687-697.

- Payeras, A. 2013. Revista Bonsai Menorca. Ácidos húmicos y Ácidos Fúlvicos.
- Ramos R., R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. España.
- Ramos G. A 2011. Calidad de fresa variedad san andreas producida con vermicompost en invernadero (doctoral dissertation).
- Rebhun, M., De Smedt, F., & Rwetabula, J. 1996. Dissolved humic substances for remediation of sites contaminated by organic pollutants. Binding-desorption model predictions. Water research, 30(9), 2027-2038.
- Rivero, C., Senesi, N., & D'orazio, V. 2004. Los ácidos húmicos de leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la cuenca del lago de Valencia. Agronomía Trop, 54(2), 133-144.
- Rodríguez T, M. D., Venegas González, J., Angoa, P., & Montañez Soto, J. L. (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 1(2), 133-147.
- Salazar S, E. (et al). 2003. Abonos Orgánicos y Platicultura. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. p: 233.
- Samaniego A. M. 2013. Curso on line. Uso de los ácidos húmicos y fúlvicos en la nutrición vegetal. México.
- Sánchez S, A. 2003. Mejora en la eficacia de los quelatos de hierro sintéticos a través de sustancias húmicas y aminoácidos.
- Silva, A. 1995. La materia orgánica del suelo. Facultad de Agronomía. Montevideo. Código.
- Singh, B. K.; Gonzales, C. R.; Arrieta, H.; Araya, C. 1997. Ácidos húmicos en la agricultura: ECO HUM-DX. Guácimo, Costa Rica, EARTH. 62P
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed). Advance in Agronomy. Academic press, 68: 3-58.
- Stevenson, F. J. 1982. Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions. Wiley, New York.

- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, 2a ed. John Wiley & Sons, New York, U. S. A. 495 p.
- Tlatempa M. L. 2001 Efecto de nitrógeno (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: urea) y ácidos húmicos sobre tomate de cascara (physalis ixocarpa Brot) en hidroponía Tesis de licenciatura Departamento de suelos. Uach. Chapingo, México. 74 p.
- Vázquez V, P. E. 2012. Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plántula de Melón (Cucumis Melo L.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Weil, M. 1996. Los Compuestos Húmicos; Material del curso de Procesos Químicos Orgánicos y Bioquímicos. Guácimo, Costa Rica, EARTH. s.p.v

### **Consultas Internet**

- Lugo, M. B. Origen y Formación del Humus. <http://www.microbiologiaybiomasas.com/media/articulo%20myriam%20bendek%20lugo%20origen%20y%20formacion%20del%20humus.pdf>. Fecha de consulta 23 de Junio de 2013.
- <http://www.terralia.com/articulo.php?recordID=902>. Fecha de consulta 01 de Junio de 2013.
- [http://www.intagri.com.mx/cursospdf/Programa%20 acidos\\_humicos\\_y\\_fulvicos.pdf](http://www.intagri.com.mx/cursospdf/Programa%20 acidos_humicos_y_fulvicos.pdf). Fecha de consulta 29 de mayo de 2013.
- <http://www.hortalizas.com/articulo/27981/efecto-de-los-acidos-humicos-en-productividad-de-hortalizas>. Fecha de consulta 06 de agosto de 2013.