

Directorio

MARIO ALBERTO RODRÍGUEZ CASAS
Director General

MARÍA GUADALUPE VARGAS JACOBO
Secretaria General

JORGE TORO GONZÁLEZ
Secretario Académico

JUAN SILVESTRE ARANDA BARRADAS
Secretario de Investigación y Posgrado

LUIS ALFONSO VILLA VARGAS
Secretario de Extensión e Integración Social

ADOLFO ESCAMILLA ESQUIVEL
Secretario de Servicios Educativos

REYNOLD RAMÓN FARRERA REBOLLO
Secretario de Gestión Estratégica

JORGE QUINTANA REYNA
Secretario de Administración

JOSÉ JUAN GUZMÁN CAMACHO
Abogado General

HÉCTOR MAYAGOITIA DOMÍNGUEZ
Responsable de la Coordinación
Politécnica para la Sustentabilidad

Tel. 5729 6000 exts. de la 54450 a la 54464
e-mail: sustentabilidad@ipn.mx

<https://www.ipn.mx/sustentabilidad/>

facebook@cps.ipn | twitter: @cps_ipn

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO COORDINACIÓN POLITÉCNICA PARA LA SUSTENTABILIDAD



DR. GERARDO NORIEGA

ALTAMIRANO

Investigador del Centro de

Investigaciones Interdisciplinarias
para el Desarrollo Rural Integral
(CIIDRI)

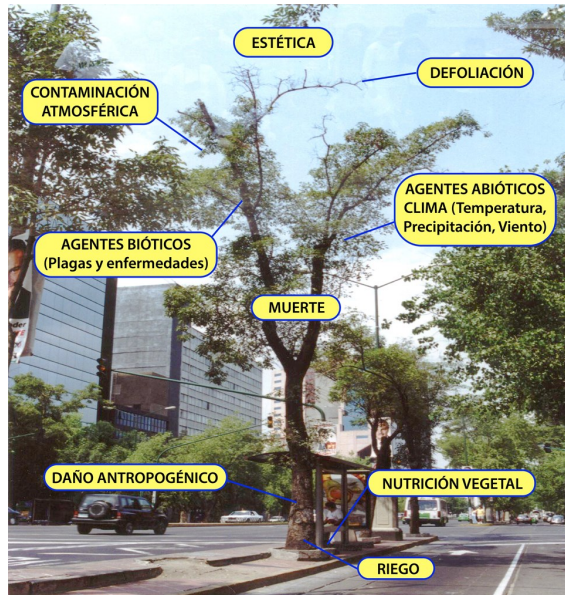
U. A. Chapingo



Este enfoque se funda en la biómimesis, tratando de imitar a la naturaleza, partimos de que el suelo tiene factores de formación donde están las rocas, de las rocas identificamos minerales de allí a los elementos de la tabla periódica y algunos de estos elementos son nutrientes. El otro factor formador del suelo es la materia orgánica, el otro factor que se considera en la propuesta tecnológica es la biología.

Por lo que se refiere a la parte climática y al tiempo geológico, en este caso no los administramos y solamente los componentes atienden estos 3 factores de la producción, esta sesión tiene como marco principal la cuenca de México, el cual es un caso particular.

DECLINACIÓN FORESTAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Dentro de la declinación forestal en la ciudad de México, tenemos factores que son controlables, podemos hablar de plagas, enfermedades, del aspecto de la fertilidad o de la nutrición, entre otros y tenemos factores que no se pueden administrar por ejemplo una sequía, una granizada, esos aspectos se salen de las manos de cualquier profesional. Los ecólogos dicen que el manejo de los vegetales, tenemos 92 factores de la producción. En esta propuesta tecnológica sólo vamos a abordar algunos y con ellos podemos hacer mejoras de las plantas en general.

¿Quién los va a suministrar?, ¡Los Microorganismos!

Y esta es la contribución tecnológica que se ha venido construyendo.

¿Qué se está haciendo con el agua? En el agua estamos aplicando energía de poca frecuencia, lo que estamos provocando es una disociación y de esta manera estamos formando un Clúster, de tal forma que la gota de agua en lugar de tener 15 moléculas termine teniendo unas 5 moléculas y esto le permite un paso más rápido por la aquaporina, de tal forma que cuando llega el agua a la célula, rápido atraviese la membrana celular y así ingresar al citoplasma. Ventajas: la planta gasta menos energía y reducimos sustancialmente la lámina de riego.



Como ya veíamos hay áreas con poca precipitación, pero si ionizamos el agua de riego, entonces el árbol y las plantas en general van a tener un consumo muy bajo de energía.

Para grandes áreas entonces tenemos que diseñar equipos en donde lo que hacemos es que con el flujo de agua, el agua quede ionizada y pueda llegar hasta los sistemas radiculares.

Hemos diseñado 3 insumos que de manera genérica nos permiten atender problemas de emergencia;

1. Un fertilizante foliar que contiene tanto los nutrientes mayores como los micronutrientes así como aquellos elementos benéficos.
2. Una mezcla de aminoácidos con vitaminas.
3. Un consorcio microbiano que incluye actinomicetos, hongos y bacterias.

Se busca transitar de un modelo de revolución verde a un esquema alternativo que nos permita aproximarnos a ese nuevo paradigma que es la Sustentabilidad.

porque hay quienes se quedaron con el habito de que quieren que este mineral tenga la apariencia de un fertilizante, entonces peleticemos, se toma la roca, se muele, se peletiza y se da la presentación de un fertilizante químico, pero, lo que se le entrega es un mineral, no son productos de síntesis química, lo cual nos permite comenzar a caminar por el carril de la Sustentabilidad.

Este mineral se puede mezclar con la materia orgánica y con los microorganismos, la clave está en el silicio, ya que éste es un transportador, desde el sistema radicular arrastra a todos estos nutrimentos y permite que se vayan ubicando donde la planta lo necesita y al final él es expulsado y queda sobre la lámina foliar, esto limita a que los insectos chupen, mastiquen o raspen. No es un insecticida pero le da cierta resistencia a las plantas y de esa manera comenzamos a suprimir el daño de plagas.

¿Porqué incorporamos materia orgánica?

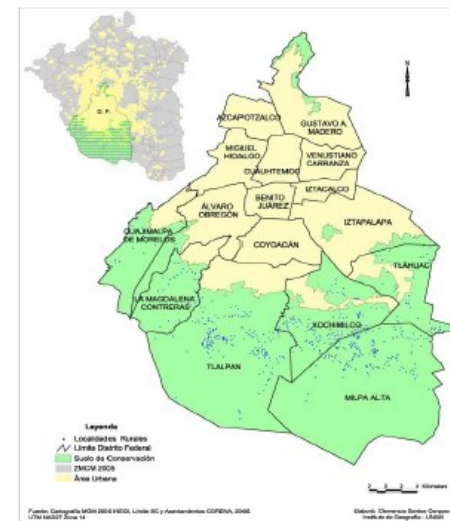
Porque es fuente de una serie de metabolitos carboxilos entre otros, también es fuente de energía. Un gramo de humus nos aporta alrededor de 5 kilocalorías y un gramo de Silicio nos aporta alrededor de 40 kilocalorías. Entonces si nosotros incorporamos silicatos y los mezclamos con materia orgánica, la fuente de energía en el suelo se incrementa y recordemos que el proceso fotosintético no es más que CO2, agua, energía de cierta longitud de onda y eso nos permite producir biomasa.

Si deseamos que nuestro arbolado tenga un mayor vigor en el follaje, necesitamos que el sustrato en el que se desarrolle no solamente tenga condiciones de oxigenación, ni condiciones de sustrato fértil, sino que disponga de la suficiente energía para que los ciclos biogeoquímicos se restauren. Entonces el gran aliado para nosotros son los microorganismos, se trabaja con consorcios microbianos donde se mezclan actinomicetos, bacterias, hongos y de esta manera entonces en el sistema una vez que ya están los minerales y la materia orgánica, los microorganismos comienzan a producir una serie de metabolitos, pensemos en antibióticos con un sistema radicular que esta sufriendo una pudriciónya sea por *fusarium* o por cualquier otro hongo, entre otras cosas requiere antibióticos.

En esta propuesta tecnológica se denomina 5 M+e: Mentalidad emprendedora, Minerales, Materia Orgánica, Microorganismos, Manejo más Energía. En los ecosistemas todo funciona por flujo de masa y energía o generalmente cuando atendemos a cualquier vegetal solamente nos limitamos a los flujos de masa, en este caso en la energía, por eso la propuesta tecnológica la identificamos como 5m+e.



En la imagen de la Ciudad de México, la zona urbana esta en color amarillo y el suelo de conservación de color verde



Las plantas requieren una serie de sustancias fisiológicamente

activas:

- **SUSTANCIAS HÚMICAS**
- **OLIGOSACÁRIDOS (AZÚCARES)**
- **AMINOÁCIDOS**
- **SAPONINAS**
- **VITAMINAS**
- **REGULADORES DEL CRECIMIENTO**
- **ENZIMAS**
- **EXTRACTOS DE PLANTAS (ALGAS)**
- **POLIAMINAS**

Podemos ver que dentro del uso de suelo que tiene la mancha urbana encontramos una diversidad donde existe una zona donde se practica agricultura particularmente el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal y al finalizar en octubre la cosecha, son suelos que están carentes de cubierta vegetal y así los vamos a encontrar hasta el mes de abril, en este período ocurren fenómenos de erosión eólica y eso significa una remoción de partículas sólidas, que finalmente terminarán depositándose en el área foliar y eso nos reduce sustancialmente la tasa fotosintética.

¿Qué encontramos en la Cuenca de México? El 11 % de los suelos son salinos y eso presenta una fuerte limitación, porque hay zonas que tienen 3 veces la salinidad del agua del mar y no tenemos especies vegetales que toleren ese nivel de salinidad, entonces, sumado al área de escarda tenemos otra área muy importante que son esos suelos salinos que nos presentan grandes limitaciones en la cubierta vegetal, también tenemos un 12% de suelos andosólicos (cenizas volcánicas) que su densidad aparente es muy baja y estos son removidos fácilmente con el suelo. Y buena parte de esta cuenca de México rápidamente remueve esas partículas sólidas en las zonas que han sido cultivadas con papas. Tenemos 147 mil hectáreas que corresponden al cultivo de maíz, es una superficie bastante considerable que hace una aportación fuerte de partículas sólidas para depositarse en el arbolado urbano.

Cuando vemos la precipitación que ocurre en la Cuenca de México, si bien es cierto que tenemos limitaciones tenemos precipitaciones con 500 mm, lo cierto es que tenemos especies vegetales que se desarrollan perfectamente sobre esos 500 mm, que es la parte más seca, entonces podríamos decir a priori que el problema en la Cuenca de México no es agua, el problema está seguramente asociado a otros factores de producción. Se trata de ir encontrando algunas de las causas que están incidiendo en este fenómeno de declinación forestal.

Por otro lado tendríamos que ir pensando en tecnologías agroforestales para ir poco a poco intercalando árboles, para que garanticemos cubierta vegetal y vayamos reduciendo la velocidad del viento para no remover tanta cantidad de suelos.

En el mapa de erosión eólica, identificamos 3 corredores eólicos uno en la zona de Santa Lucía, otro en el ex Lago de Texcoco y otro en el

Cuando tenemos problemas ambientales, problemas de seguridad alimentaria y tenemos numerosos profesionales de la Química o de la Biología o del Desarrollo Rural, ellos pueden ser los futuros proveedores de este país.

¿Qué se hace una vez restaurados los minerales, la materia orgánica y los microorganismos? se garantiza *Nitrógeno, Fósforo y Potasio*, ésta es la fertilización de primaria.

Fertilización de secundaria *azufre, calcio y magnesio*.

Fertilización de preparatoria *hierro, manganeso, cobre*.

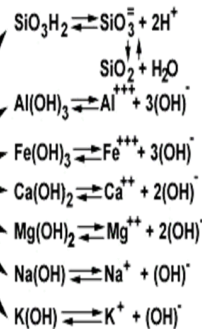
Fertilización de nivel universitario *molibdeno, zinc, boro, cloro, yodo*.

La fertilización que esa agricultura 5.0 es la que camina hacia la sustentabilidad *selenio, silicio, cobalto, bario*. Entonces la restauración de los suelos tanto urbanos como agrícolas, significa que a ese sustrato de suelo le incorporaremos minerales, materia orgánica y microorganismos para que los ciclos al menos de esos 24 elementos se restauren.

Por ejemplo el árbol de los acuerdos (árbol histórico en la UA Chapingo) presentó signos de declinación forestal y se tuvo que restaurar. Se identifican yacimientos, es decir, se va generando un esquema de formación de proveedores, gente que se dedique a moler, a pelletizar,

plagas y muchas enfermedades que hoy nos están afectando tanto al arbolado urbano como a los cultivos agrícolas. ¿Con qué germoplasma vamos a trabajar? ¡Con el que tengamos! Al final de cuentas el xilema, fluoema de esos arboles tienen el mismo principio de funcionamiento. Que tenemos que aprender a utilizar cierta maquinaria y a aprender a regular los flujos de energía en esos esquemas para que la radiación no sea limitante, indiscutible. Hoy sabemos que el glifosato es un problema mundial pero tenemos alternativas para ello, en el manejo del agua se está trabajando con la ionización, estamos suprimiendo la fertilización de síntesis química, se apoya la fertilización foliar y el manejo biológico de plagas y enfermedades.

Acudir a una remineralización tiene su fundamento en que todas las rocas nos proporcionan elementos de la tabla periódica a excepción del nitrógeno el cual proviene de la materia orgánica. Lo que hacemos es identificar yacimientos en el territorio nacional que tengan esos minerales que requerimos para restaurar el patrimonio suelo, estamos promoviendo el compostaje.



El inventario ganadero nos da para millones de toneladas en humus y en los residuos urbanos tenemos otra fuente potencial para la restauración de estos suelos, no solamente urbanos también para los agrícolas.

Corredor Chalco-Amecameca.

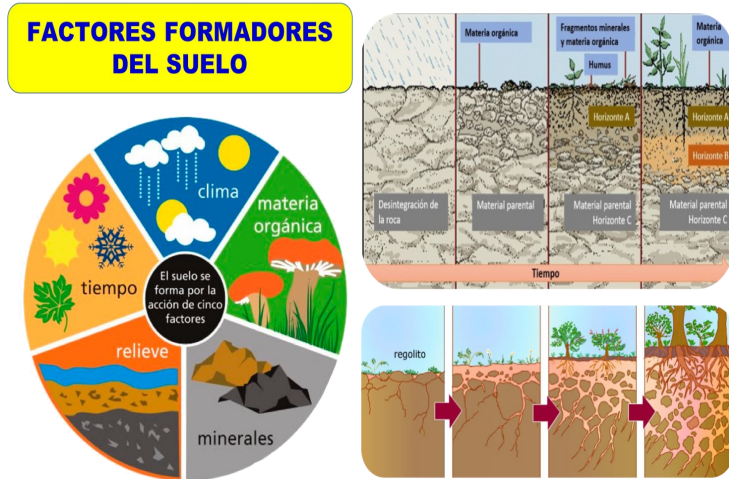
Entonces el problema es relativamente sencillo porque son polos bastante compactos.

Se remueven por año 2,950.000 toneladas de suelo en 485 mil hectáreas que le corresponden a la cuenca, obligan a que tomemos medidas para construir estrategias, que en 84 mil ha que constituyen los tres corredores erosivos podamos reducir sustancialmente esta remoción de polvos que nos están afectando, entonces corregir este sistema de declinación forestal o muerte prematura en el arbolado urbano, exige entre otras cosas, atender cuestiones de riego, atender nutrición vegetal, de plagas, de enfermedades, de contaminación atmosférica y seguramente construir una cultura que le demos el valor por los servicios ambientales que éste produce.

El primer problema que nosotros tenemos en la cuenca de México y particularmente en las zonas urbanas es un problema de compactación, cuando tomamos una muestra de suelo y en un laboratorio obtenemos el análisis elemental, lo que vamos a identificar es que el potencial de oxidación-reducción está muy elevado. Es decir son suelos carentes de oxígeno y al carecer de oxígeno, entonces hay un problema muy grande, si se carece de oxígeno en atmósfera de suelo, se están dando condiciones para que los patógenos que nos causan pudriciones de raíces, *fusarium*, *fitoptera*, etc, se reproduzcan. Pero además sin oxígeno el proceso de oxidación-reducción que debe de ocurrir a nivel de la rizósfera para que las plantas puedan absorber los nutrientes, se ve mermado. Y si yo tengo carencia de oxígeno, no hay energía, son suelos oxidados y entonces lo primero que tengo que hacer en el sitio es corregir ese nivel de energía. Esto nos obliga a manejar las Leyes de la Termodinámica aplicadas al “arbolado urbano” y esto se logra utilizando los laboratorios que principalmente se encuentran en Instituciones Educativas, por lo tanto se deberán crear políticas públicas en donde a las Instituciones se les fortalezca con equipamiento.

Christian Pieri en la observación de suelos en México y lo que se pudo relacionar es que, el contenido de materia orgánica asociado al contenido de arcillas y limos nos permite identificar si el suelo está compactado. Al hacer los análisis convencionales de suelos nos encontramos que el contenido de materia orgánica está sumamente reducido.

El análisis de suelo urbano nos revela que estamos en 0.24% de materia orgánica, debería tener 5%, el dato anterior nos revela que la microbiología nativa está ausente, no hay flujos de energía y los flujos biogeoquímicos difícilmente están funcionando y al estar carentes de energía, indiscutiblemente que el esfuerzo que esta haciendo cualquier vegetal es enorme y los rendimientos van a ser muy pequeños y esto nos obliga a analizar los factores formadores de suelo.



Los factores formadores de suelo son las rocas, esos 4000 minerales que tenemos en la naturaleza, con todos esos elementos que encontramos en la tabla periódica y que de ellos solamente algunos son nutrientes.

Tenemos que opinar desde las Instituciones de Educación Superior ya que esa Norma O21 para hacer análisis de fertilidad, está limitada, tenemos que actualizarla y son estas Instituciones las que tienen que trabajarla y no solo con su infraestructura sino con sus recursos humanos porque ahí está el talento, que nos puede ayudar a empezar a construir una propuesta tecnológica alterna a ese esquema de revolución verde, donde nosotros aprendimos que el Nitrógeno lo resolvíamos con urea, pero desconocíamos que la energía no la porta la urea.

Lo que hemos hecho es construir un planteamiento tecnológico donde por una parte se rescata el conocimiento campesino y por otra parte estamos rescatando lo que aporta la sociedad del conocimiento.



Lo que hacemos primero, es el diagnóstico de esos suelos, su nivel de fertilidad tanto físico, químico y biológico y por otra parte necesitamos conocer la microbiología, tanto los patógenos como los entomopatógenos. A partir de ahí lo que se hace es un acondicionamiento del suelo, si el suelo está compactado tenemos que empezar un proceso que poco a poco nos permita restaurar esa atmósfera del suelo donde esos niveles de oxígeno lleguen otra vez a sus niveles normales, significa que hay que remineralizar. De qué están formados los suelos? de rocas constituidas de silicatos, entonces la primera fuente de minerales son los silicatos. La segunda restauración es con humus y ahí las técnicas de compostaje o cualquier otra fuente de carbono son fundamentales y el otro eje de la restauración es la microbiología del suelo y aquí en el Politécnico hay gente que es la autoridad nacional, está el Dr. Jaime García Mena como ejemplo.

Tenemos ecosistemas como la Sierra Madre del Sur, donde se han hecho colectas de microorganismos, hemos reproducido toda esa microbiología de la rizosfera y se han hecho las secuenciaciones y ahí vamos a encontrar desde bacterias fijadoras de nitrógeno de vía libre, bacterias solubilizadoras de fósforo, vamos a encontrar innumerables microorganismos que nos permiten no solamente remediar a los suelos por los contaminantes que tenga sino porque, son entomopatógenos de