

2026

PROPUESTA DE DESARROLLO

hp

By Ing. Gerardo Carrillo Mendoza

24-3-2026

Con base en los informes del Laboratorio de Suelo, Agua y Planta de la UASLP y la tabla de referencia proporcionada, se ha elaborado el siguiente plan estratégico para alcanzar una madurez técnica acelerada en el predio "El Llano" en Aguascalientes.

Análisis Diagnóstico del Estado Actual del Suelo

El suelo reportado presenta características físicas y químicas muy particulares que definen su potencial y sus limitaciones:

1. **Parámetros Físicos:** Con una textura **Franca** (45% arena, 32% limo, 23% arcilla), este suelo posee un equilibrio ideal para la retención de agua y la aireación, lo que facilita el desarrollo radicular. Su densidad aparente de 1.07 g cm^{-3} es excelente, indicando buena porosidad y ausencia de compactación severa. Estas condiciones físicas son la base fundamental para el éxito de cualquier programa de nutrición.
2. **Parámetros Químicos Clave:**
 - **pH (6.8 en agua y 7.0 en extracto):** Se encuentra en un rango **Neutro**, el cual es óptimo para la disponibilidad de la gran mayoría de los nutrientes esenciales. No requiere enmiendas para corregir acidez o alcalinidad.
 - **Salinidad (C.E. de 0.6 mS cm^{-1}):** Los efectos son despreciables. El suelo está libre de problemas de sales que puedan afectar el desarrollo del cultivo.
 - **Materia Orgánica (0.8%):** Se clasifica como **BAJO**. Este es el principal limitante químico. La materia orgánica es el motor de la biología del suelo y el amortiguador de la química. Su bajo nivel afecta la retención de nitrógeno, la estructura micro-agregada y la actividad microbiana.
3. **Estado de Nutrientes (Con base en las cantidades por hectárea):**
 - **Nitrógeno inorgánico (14.3 kg ha^{-1}):** Clasificado como **BAJO**. Refleja directamente la falta de materia orgánica como reserva. Es un nutriente crítico que requerirá una gestión precisa.
 - **Fósforo Extraíble (39.5 kg ha^{-1}):** Clasificado como **MEDIO**. Es un nivel aceptable, pero dada su importancia para el desarrollo radicular y energético, debe gestionarse de forma estratégica.
 - **Potasio (2985 kg ha^{-1}):** Clasificado como **MUY ALTO**. Este es el hallazgo más sorprendente del análisis. Un nivel tan elevado puede generar desequilibrios antagónicos con el calcio y el magnesio, bloqueando su absorción por la planta aunque estén presentes en el suelo. Es fundamental no aplicar nada de potasio en las primeras etapas.

Estrategia para una Madurez Técnica Acelerada

Para transitar de una nutrición básica a una de precisión, debemos enfocarnos en la optimización de los recursos existentes y la corrección estratégica de los limitantes, apoyándonos en la tecnología y el conocimiento.

Paso 1: Transición a la Nutrición de Precisión (Conceptos)

La nutrición básica se basa en aplicar fórmulas genéricas "por receta". La nutrición de precisión se basa en **las 4R**: la **Receta** correcta, la **Rate** (dosis) correcta, en el **Reference** (lugar) correcto y en el **Reloj** (tiempo/momento) correcto.

- **De Dosis Fijas a Dosis Variables:** En lugar de aplicar una cantidad uniforme de fertilizante, se deben realizar mapas de fertilidad (dado que ya se tiene un análisis base, se puede complementar con muestreos en cuadrícula si la superficie es grande) para aplicar solo lo necesario en cada zona.
- **Gestión por Fenología:** La planta no necesita los mismos nutrientes todo el tiempo. La precisión implica sincronizar las aplicaciones con las etapas críticas de mayor demanda:
 - **Establecimiento:** Fósforo para raíces, Nitrógeno moderado.
 - **Crecimiento Vegetativo:** Alto Nitrógeno, Calcio para estructura celular.
 - **Floración y Fructificación:** Potasio (que aquí ya abunda) para transporte de azúcares, Calcio y Boro para la calidad del fruto.

Paso 2: Plan de Corrección de Cantidades Basado en el Análisis

Utilizaremos el análisis de laboratorio para definir las cantidades a incorporar, enfocándonos en las deficiencias y evitando los excesos. Las cantidades a continuación se expresan en kilogramos por hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para su aplicación directa en campo.

1. Programa de Recuperación de Materia Orgánica:

- **Objetivo:** Elevar el nivel de Materia Orgánica del 0.8% actual a un objetivo inicial de 1.5% - 2.0% a mediano plazo.
- **Acción:** Incorporar enmiendas orgánicas de alta calidad y estabilidad. El compost bien madurado o el lombricompost son ideales.
- **Cálculo de Incorporación:**
 - Un suelo franco a 0-30 cm de profundidad tiene aproximadamente 3,000,000 kg de peso por hectárea.
 - Un aumento del 1% de MO requiere incorporar 10,000 kg de carbono orgánico estable por hectárea.
 - Para aumentar un 0.5% inicial, se requeriría una aplicación sustancial de materia orgánica fresca que, al humificarse, deje ese remanente estable.
 - **Cantidad Recomendada:** Se recomienda una aplicación de **20,000 a 30,000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$** (20-30 toneladas por hectárea) de compost de alta calidad, distribuida e incorporada en los primeros 15-20 cm antes de la siembra o plantación. Esto no solo aporta MO, sino que mejora la C.I.C. (Capacidad de Intercambio Catiónico) y la biología del suelo, fundamentales para el siguiente paso.

2. Programa de Nutrición de Nitrógeno (N):

- **Nivel Actual:** $14.3\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Muy Bajo).
- **Nivel Objetivo:** Depende al 100% de la meta de rendimiento y el tipo de cultivo. Para un cultivo de demanda media-alta (ej. Maíz de alto rendimiento), la demanda total puede ser de 180 a 250 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N.
- **Estrategia de Cantidades:** No podemos basar la nutrición solo en lo que reporta el análisis inicial como "disponible". El N es muy dinámico. Se debe diseñar un programa de fertirriego (si se cuenta con él) para parcelar la aplicación de la demanda total calculada para el cultivo, restando la pequeña cantidad inicial del suelo.
- **Cantidad Recomendada:** Supongamos un cultivo que requiere $200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N total. El aporte inicial del suelo es insignificante. El compost aplicado podría aportar, en su primer año, una liberación paulatina de unos 30-50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. El resto, **150-170 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$** , debe ser aplicado mediante fertilización química o biológica (ej. bacterias fijadoras de N como *Azotobacter*) de forma parcelada, aplicando el 60% durante la etapa de máximo crecimiento vegetativo. El uso de inhibidores de nitrificación es una técnica de precisión para evitar pérdidas por lixiviación.

3. Programa de Nutrición de Fósforo (P):

- **Nivel Actual:** $39.5\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Medio).
- **Nivel Objetivo:** Para un cultivo exigente, el rango óptimo suele estar entre 60 y 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

- **Estrategia de Cantidades:** El P es un nutriente poco móvil. Es clave asegurar su disponibilidad cerca de la raíz.
 - **Cantidad Recomendada:** Una aplicación de "arranque" o "starters" localizada cerca de la semilla/planta es muy efectiva. Se recomienda una aplicación de **40 a 60 kg ha⁻¹ de P(2) O(5)** (Pentóxido de Fósforo, la forma en que se expresa el fertilizante) localizada en banda al momento de la siembra. Para mejorar la eficiencia, se pueden inocular microorganismos solubilizadores de fósforo (como bacterias del género *Bacillus*), técnica clave para la madurez técnica.
4. **Programa de Nutrición de Potasio (K) y Balance de Cationes:**
- **Nivel Actual:** 2985 kg ha⁻¹ (Muy Alto, Excesivo).
 - **Estrategia:** La principal acción de precisión aquí es la **restricción total de aplicación de Potasio**. Aplicar más agravaría el desequilibrio con Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), provocando deficiencias de estos últimos aunque estén presentes.
 - **Cantidad Recomendada:** **0 kg de K** a aplicar. El suelo tiene reserva para varios ciclos de cultivo de alta demanda. Se debe monitorear el nivel de K mediante análisis de peciolo/savia durante el ciclo para confirmar que la planta lo está absorbiendo correctamente y no hay un bloqueo por exceso.

Resumen de Cantidades para la Fase de Incorporación y Establecimiento

Insumo / Parámetro a Corregir	Cantidad Recomendada a Incorporar (kg ha ⁻¹)	Método / Momento Clave
Compost / Enmienda Orgánica (para MO)	20,000 -- 30,000	Incorporado en los primeros 15-20 cm antes de la siembra.
Fósforo P ₂ O ₅ (para P)	40 -- 60	Localizado en banda cerca de la semilla/planta en el establecimiento.
Nitrógeno (N)	150 -- 170 (aprox.)*	Aplicación parcelada durante el ciclo, con énfasis en el crecimiento vegetativo.
Potasio K ₂ O	0	No aplicar durante el primer ciclo de cultivo.

**Nota: La cantidad de N es una estimación que debe ajustarse con base en el cultivo específico y su meta de rendimiento.*

Al implementar estas acciones de forma integrada, no solo se corregirán las deficiencias, sino que se creará un ambiente de suelo física, química y biológicamente óptimo. Esto acelerará la madurez técnica al pasar de una agricultura de intuición a una basada en datos y en el conocimiento profundo de las interacciones suelo-planta, logrando una producción más eficiente y sostenible.

A continuación se presenta un análisis detallado de la conveniencia de aplicar cada uno de los productos contenidos en las fichas técnicas proporcionadas para **corregir y mejorar la estructura física, química y biológica del suelo**:

1. Composta Biológica con Catalizador Enzimático Biogen

- **Conveniencia para la estructura del suelo: Muy alta (Directa e Integral).**
- **Impacto Físico:** Favorece la estabilidad y formación de agregados estables en el suelo, reduce la densidad aparente, incrementa la porosidad, mejora la permeabilidad y aumenta drásticamente la capacidad de retención de agua.
- **Impacto Químico y Biológico:** Eleva la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.), actúa como almacén y fuente de macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes, y sirve de sustento biológico para reactivar la microflora benéfica.

- **Recomendación de uso:** Es el pilar fundamental para la corrección física estructural. Se puede elaborar directamente en campo en períodos cortos (6-8 semanas) inoculando estiércoles o rastrojos con el catalizador enzimático Biogen.

2. Bio Húmicos (Ácidos Húmicos y Fúlvicos con Lignina)

- **Conveniencia para la estructura del suelo: Alta (Principalmente Físico-Química).**
- **Impacto Físico:** Mejora directamente la estructura del suelo al promover la floculación de partículas y proporcionar condiciones óptimas para la aireación y expansión radicular.
- **Impacto Químico y Biológico:** Aporta ácidos húmicos, fúlvicos y lignina, estimulando la retención e intercambio de nutrientes (fijación/liberación de Fósforo), disminuyendo pérdidas y estimulando la actividad microbiana (como *Trichoderma* o *Bacillus*).
- **Recomendación de uso:** Excelente opción de aplicación líquida o en fertirriego para corregir gradualmente la estructura en suelos compactados o con baja materia orgánica activa.

3. Enraizador Organo-Mineral Micorrizado

- **Conveniencia para la estructura del suelo: Alta (Estructura Biológica y Agregación).**
- **Impacto Físico y Biológico:** Inocula hongos micorrízicos vesículo-arbusculares (*Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*). Las hifas y micelios de las micorrizas crean una red subterránea que une mecánicamente las partículas del suelo (formación de agregados), además de desintoxicarlo de contaminantes químicos y mejorar la retención de agua.
- **Impacto Químico:** Aumenta exponencialmente la capacidad de la raíz para absorber Fósforo (solubilizándolo) y otros macro/micronutrientes.
- **Recomendación de uso:** Altamente conveniente para la etapa de siembra, trasplante o inicio de ciclo. Su valor reside en consolidar la "estructura viviente" del suelo (rizosfera).

4. Citrus Gen (Bioactivador Orgánico con Sustancias Húmicas y Bioflavonoides)

- **Conveniencia para la estructura del suelo: Alta (Suelos problemáticos: arcillosos, compactados o salinos).**
- **Impacto Físico y Químico:** Su concentración de sustancias húmicas (65%) y fúlvicas (20%) derivadas de leonardita reduce la compactación, evita grietas, disminuye la asfixia radicular y retiene la humedad. Asimismo, reduce la salinidad y mejora el transporte de nutrientes a la raíz.
- **Impacto Biológico / Sanitario:** Ofrece un efecto fungicida/bactericida de amplio espectro (yodo orgánico y bioflavonoides) que limpia el suelo de patógenos dañinos (*Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*) sin dañar la materia orgánica.
- **Recomendación de uso:** Muy conveniente en suelos degradados, salinos o con antecedentes de alta presencia de patógenos radiculares.

5. Biocontrolador y Reconstituyente a base de *Trichoderma spp.* y Diatomeas / Clinoptilolita

- **Conveniencia para la estructura del suelo: Media-Alta (Rehabilitación y Protección Biológica).**
- **Impacto Físico y Químico (Diatomeas / Clinoptilolita):** Neutraliza la toxicidad por aluminio en suelos ácidos, disminuye la lixiviación de N, P y K, y actúa como reconstituyente en suelos contaminados o degradados.
- **Impacto Biológico (*Trichoderma*):** Acelera la descomposición de materia orgánica y biopesticidas, liberando nutrientes asimilables e incrementando la masa radicular.
- **Recomendación de uso:** Ideal como complemento en la fase de fermentación de compostas o incorporado en suelos ácidos o con problemas de compactación y plagas de raíz/insectos.

5. Nutry K Fórmula 00-32-53 (Fertilizante Líquido Orgánico Mineral)

- **Conveniencia para la estructura del suelo: Moderada (Enfocado en Nutrición).**
- **Impacto Físico y Químico:** Aunque contiene ácidos húmicos y fúlvicos que apoyan la estructura y estimulan a microorganismos como *Nitrobacter* o *Azospirillum*, su propósito principal es **nutricional** (fase de llenado, aportando P y K de alta disponibilidad) más que de corrección de suelo.
- **Recomendación de uso:** No debe ser el producto principal si la única meta es la estructuración del suelo, pero es muy conveniente si se busca un aporte nutricional rápido sin deteriorar la microflora.

Resumen y Estrategia Sugerida

1. **Para corrección estructural de fondo (Física/Porosidad):** Aplicar **Composta Biológica** combinada con **Bio Húmicos** o **Citrus Gen** (en aplicación directa al suelo).
2. **Para corrección de aireación, porosidad y descompactación de raíces:** **Enraizador Micorrizado** + *Trichoderma* para estructurar biológicamente la rizosfera.
3. **Para corrección de salinidad o toxicidad por metales/aluminio:** Integrar **Tierra de Diatomeas / Clinoptilolita** y **Citrus Gen**