
GUÍA DE INTERPRETACIÓN: CALIDAD DE DATOS Y ANÁLISIS DE SUELOS

PARTE 1: TUS MÉTRICAS DE CALIDAD DE DATOS

Explicación sencilla basada en el algoritmo de cálculo utilizado.

1. Completitud

- ¿Qué significa?: Mide si hay "huecos" en la información. El sistema busca celdas vacías (nulas).
- Tu meta: Que todas las columnas tengan datos registrados.
- Interpretación: Si el puntaje baja, es porque faltan datos en las muestras.

2. Consistencia

- ¿Qué significa?: Verifica que no estés mezclando peras con manzanas. Revisa que si una columna debe ser numérica, no tenga textos o letras extrañas.
- Tu meta: Que todos los datos respeten su tipo (números con números).
- Interpretación: Un puntaje bajo indica errores de digitación o formatos mixtos.

3. Variabilidad

- ¿Qué significa?: Usa el "Coeficiente de Variación" para ver qué tanto se mueven los datos.
- Tu meta: Evitar los extremos.
- Alerta Roja: Si el valor es 0, significa que todas las muestras dieron el mismo número (dato sospechoso o "pegado"). Si es mayor a 200, los datos son demasiado caóticos y dispares.

4. Unicidad

- ¿Qué significa?: Busca gemelos idénticos. Verifica que no haya filas duplicadas exactamente iguales.
- Tu meta: Que cada muestra sea única.

-- Interpretación: Si el puntaje es bajo, es probable que hayas cargado el mismo archivo dos veces o copiado y pegado filas por error.

5. Precisión

-- ¿Qué significa?: Busca a los "rebeldes" (outliers o valores atípicos). Usa métodos estadísticos (IQR, K-means) para detectar números que se salen de lo normal.

-- Tu meta: Datos dentro de rangos lógicos.

-- Interpretación: Un puntaje bajo indica que hay valores extremistas (ej. un pH de 14 o una materia orgánica negativa) que distorsionan la realidad.

6. Integridad

-- ¿Qué significa?: Es una revisión estructural. Compara las columnas que subiste contra las columnas que el sistema "espera" recibir.

-- Tu meta: Que no falten columnas importantes ni sobren columnas basura.

PARTE 2: TÉRMINOS ESTADÍSTICOS (La forma de los datos)

Kurtosis (Curtosis)

-- Significado: Nos dice qué tan "puntiaguda" es la gráfica de tus datos.

-- Alta: Todos los datos están muy amontonados en el centro (como una aguja). Indica poca variedad.

-- Baja: Los datos están muy dispersos (como una meseta plana).

Coeficiente de Desviación (Variación)

-- Significado: Es un porcentaje que nos dice qué tan diferentes son los datos entre sí.

-- Ejemplo: En laboratorio, buscamos que sea bajo para asegurar que el equipo mide siempre bien. En campo, es normal que varíe porque el suelo cambia.

Asimetría

-- Significado: Nos dice hacia qué lado se recargan los datos.

-- Positiva: La mayoría de datos son bajos, pero hay unos pocos muy altos que estiran la gráfica a la derecha.

-- Negativa: La mayoría de datos son altos, pero hay unos pocos muy bajos que estiran la gráfica a la izquierda.

PARTE 3: RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA SUELOS

A continuación, qué hacer cuando los valores son Muy Bajos o Muy Altos para cada variable solicitada.

>> VARIABLES BÁSICAS Y FÍSICAS

Variable: ph_agua_suelo

-- MUY BAJO (Acidez): Las raíces se queman y no comen.

Acción: Aplicar enmiendas calcáreas (Cal agrícola, Dolomita).

-- MUY ALTO (Alcalinidad): Los nutrientes se bloquean.

Acción: Aplicar materia orgánica o azufre elemental. Evitar quema de residuos.

Variable: materia_organica

-- MUY BAJO: Suelo estéril, duro y sin vida.

Acción: Incorporar compost, gallinaza, abonos verdes o rastrojos de cosecha.

-- MUY ALTO: Generalmente bueno, pero si es excesivo puede indicar mal drenaje (suelo turboso).

Acción: Revisar que el suelo no esté encharcado.

Variable: conductividad_electrica

-- MUY BAJO: Suelo muy lavado, con pocos nutrientes.

Acción: Requiere fertilización completa.

-- MUY ALTO: Problema de salinidad. La planta no puede beber agua.

Acción: Lavado de sales con riego abundante o aplicación de yeso agrícola y mejora de drenajes.

Variable: capacidad_de_intercambio_cationico (CIC)

-- MUY BAJO: El suelo es como un colador (arenoso), no retiene la comida.

Acción: Fraccionar el fertilizante (aplicar poco pero muchas veces) y subir la materia orgánica.

-- MUY ALTO: Suelo arcilloso que retiene mucho.

Acción: Monitorear para no saturar el suelo.

>> MACRONUTRIENTES Y ACIDEZ

Variable: fosforo_bray_ii

-- MUY BAJO: Planta pequeña, hojas moradas, poca raíz.

Acción: Aplicar fuentes fosfatadas (DAP, MAP, Roca Fosfórica) cerca de la raíz.

-- MUY ALTO: Bloquea la absorción de Zinc y Hierro.

Acción: Suspender fertilización fosfatada temporalmente.

Variable: azufre_fosfato_monocalcico

-- MUY BAJO: Amarillamiento en hojas jóvenes.

Acción: Usar Sulfato de Amonio, Yeso o Sulfato de Magnesio.

-- MUY ALTO: Rara vez tóxico, pero acidifica el suelo.

Acción: Monitorear el pH.

Variable: acidez_kcl / aluminio_intercambiable

-- MUY ALTO (El problema principal): Tóxico para la raíz, impide el crecimiento.

Acción URGENTE: Aplicar Cal (Carbonato de Calcio) para neutralizar el aluminio.

-- MUY BAJO: Es lo ideal (cerca de 0).

Acción: Mantener así.

Variable: calcio_intercambiable

-- MUY BAJO: Hojas deformes, caída de flores, pudrición apical en frutos.

Acción: Aplicar Cal agrícola o Nitrato de Calcio.

-- MUY ALTO: Puede bloquear al Potasio y Magnesio.

Acción: Balancear aplicando K y Mg.

Variable: magnesio_intercambiable

-- MUY BAJO: Hojas viejas con manchas amarillas (clorosis intervenal).

Acción: Aplicar Cal Dolomita o Sulfato de Magnesio (Kieserita).

-- MUY ALTO: Suelo pegajoso, compite con el Potasio.

Acción: Aumentar aplicaciones de Calcio.

Variable: potasio_intercambiable

-- MUY BAJO: Bordes de hojas quemados, frutos pequeños y sin sabor.

Acción: Aplicar Cloruro de Potasio o Sulfato de Potasio.

-- MUY ALTO: Bloquea la entrada de Magnesio y Calcio.

Acción: Revisar el equilibrio de bases.

Variable: sodio_intercambiable

-- MUY ALTO (Peligroso): Destruye la estructura del suelo (lo vuelve polvo o cemento) y es tóxico.

Acción: Aplicar Yeso Agrícola y lavar el suelo con agua.

-- MUY BAJO: Es lo ideal.

>> MICRONUTRIENTES

(Nota: Las recomendaciones aplican igual para método Olsen o Doble Ácido)

Variables: hierro_disponible (Olsen / Doble Ácido)

-- MUY BAJO: Hojas nuevas amarillas a casi blancas.

Acción: Aplicar quelatos de Hierro foliar o al suelo.

-- MUY ALTO: Común en suelos ácidos y encharcados.

Acción: Mejorar drenaje y subir pH (encalar).

Variables: cobre_disponible (Disponible / Doble Ácido)

-- MUY BAJO: Hojas nuevas deformes o secas en las puntas.

Acción: Sulfato de cobre (con cuidado) o foliares.

-- MUY ALTO: Tóxico para las raíces.

Acción: Encalar el suelo para reducir su disponibilidad.

Variables: manganeso_disponible (Olsen / Doble Ácido)

-- MUY BAJO: Manchas amarillas en hojas medias.

Acción: Sulfato de manganeso foliar.

-- MUY ALTO: Tóxico, causa manchas oscuras y arrugamiento en hojas (común en suelos ácidos).

Acción: Encalar el suelo (subir pH).

Variables: zinc_disponible (Olsen / Doble Ácido)

-- MUY BAJO: Entrenudos cortos (plantas enanas), hojas pequeñas arrosetadas.

Acción: Sulfato de Zinc al suelo o quelatos foliares.

-- MUY ALTO: Rara vez ocurre naturalmente, salvo por contaminación.

Acción: Encalar.

Variable: boro_disponible

-- MUY BAJO: Mala floración, frutos deformes, muerte de brotes nuevos.

Acción: Aplicar Bórax o Ácido Bórico (Cuidado: el rango entre bueno y tóxico es muy estrecho).

-- MUY ALTO: Quemadura severa en bordes de las hojas.

Acción: Lavar suelo con riego abundante.

¡Absolutamente! Entiendo la necesidad de tener un documento **totalmente plano**, listo para copiar y pegar en un archivo de texto o un sistema RAG sin ningún formato especial como Markdown (tablas, negritas, cursivas, etc.), solo texto puro con saltos de línea para la estructura.

Aquí tienes el contenido completo y explícito en texto plano:

DOCUMENTO DE REFERENCIA ESTRUCTURADO: ÍNDICE DE CALIDAD DE DATOS (ICD) Y RECOMENDACIONES DE ANÁLISIS DE SUELOS

I. DEFINICIONES DE MÉTRICAS DE CALIDAD DE DATOS (ICD)

Las métricas del Índice de Calidad de Datos (ICD) evalúan la fiabilidad del conjunto de mediciones de suelos.

METRICA: Completitud

FUNDAMENTO DEL CÁLCULO: Porcentaje de valores no nulos en el conjunto de datos. El puntaje se penaliza si más del 50% de una columna está vacía.

RECOMENDACIÓN CLAVE (ACCIÓN): Completar datos faltantes (nulos). Revisar las columnas con alta proporción de celdas vacías.

METRICA: Unicidad

FUNDAMENTO DEL CÁLCULO: Mide la ausencia de filas duplicadas y la cantidad de valores únicos por columna. Un puntaje bajo indica alta redundancia.

RECOMENDACIÓN CLAVE (ACCIÓN): Eliminar registros duplicados. Verificar columnas con baja unicidad (menos del 20% de valores únicos).

METRICA: Consistencia

FUNDAMENTO DEL CÁLCULO: Evalúa la coherencia de los tipos de datos. Mide cuántos valores no numéricos se pierden al intentar convertir las columnas a formato numérico.

RECOMENDACIÓN CLAVE (ACCIÓN): Estandarizar formatos. Asegurar que los datos numéricos no contengan texto, símbolos o espacios que impidan la conversión.

METRICA: Precisión

FUNDAMENTO DEL CÁLCULO: Se basa en la detección de outliers (valores atípicos) utilizando métodos estadísticos y de Aprendizaje Automático (IQR, K-means, OneClassSVM).

RECOMENDACIÓN CLAVE (ACCIÓN): Validar datos extremos. Revisar y corregir valores que se salgan drásticamente del rango estadístico para esa variable.

METRICA: Variabilidad

FUNDAMENTO DEL CÁLCULO: Mide la dispersión relativa de los datos mediante el Coeficiente de Variación (CV). Un puntaje bajo se asigna a variabilidad nula (CV cercano a 0) o excesiva (CV mayor a 200%).

RECOMENDACIÓN CLAVE (ACCIÓN): Balancear la dispersión. Revisar casos de CV nulo (posible error de copia) y CV excesivo (datos demasiado caóticos).

METRICA: Integridad

FUNDAMENTO DEL CÁLCULO: Evalúa la integridad estructural. Mide el grado en que el esquema de la tabla (las columnas) coincide con el esquema esperado.

RECOMENDACIÓN CLAVE (ACCIÓN): Asegurar la estructura. Verificar que no falten columnas clave y que no haya columnas inesperadas.

II. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS Y FORMA DE LOS DATOS

ASIMETRÍA (Skewness)

DEFINICIÓN: Mide el grado de inclinación de la distribución. Indica si los datos están concentrados a la izquierda (cola larga a la derecha, Asimetría positiva) o a la derecha (cola larga a la izquierda, Asimetría negativa).

IMPLICACIÓN: Una asimetría alta sugiere que la media está siendo fuertemente influenciada por valores extremos.

KURTOSIS (Curtosis)

DEFINICIÓN: Mide la forma de la cúspide y las colas de la distribución (qué tan puntiaguda o plana es).

TIPOS: Leptocúrtica (puntiaguda, datos muy concentrados en el centro), Platicúrtica (plana, datos muy dispersos).

COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) o Coeficiente de Desviación

FÓRMULA: CV = (Desviación Estándar / Media) * 100.

FUNCIÓN: Expresa la desviación estándar como porcentaje de la media. Permite comparar la dispersión de variables medidas en unidades diferentes.

III. REFERENCIA TÉCNICA Y RECOMENDACIONES AGRONÓMICAS

Esta sección presenta los rangos de referencia del laboratorio y las acciones agronómicas para los valores límite.

A. PROPIEDADES BÁSICAS Y FÍSICAS

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: pH

UNIDAD: Unidades de pH

RANGO (MIN - MAX): 0 a 14

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Suelo Ácido (ej. menor a 5.5). Aplicar Cal (encalado) para elevar el pH y neutralizar la toxicidad del Aluminio.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Suelo Alcalino (ej. mayor a 7.5). Aplicar Azufre elemental o materia orgánica ácida para reducir el pH.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Conductividad eléctrica

UNIDAD: dS/m

RANGO (MIN - MAX): 1 a 5

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Baja Salinidad. Puede indicar un suelo muy lavado.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Salinidad Alta (mayor a 4 dS/m). La planta sufre estrés hídrico. Acción: Lavado del suelo y aplicación de Yeso agrícola.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Materia orgánica (MO)

UNIDAD: g /100 g

RANGO (MIN - MAX): 2 a 8

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Suelo Pobre. Falta estructura, nutrientes y vida microbiana. Acción: Incorporar Compost o abonos verdes.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso (Suelos Turbosos). Puede indicar mal drenaje o falta de aireación. Acción: Mejorar drenajes.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Capacidad de Intercambio Catiónico (CICA)

UNIDAD: cmol(+)/kg

RANGO (MIN - MAX): 20 a 40

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Baja Retención. Característico de suelos arenosos. Acción: Fraccionar la fertilización (dosis pequeñas frecuentes) y aumentar MO.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Alta Retención. Suelo arcilloso. Acción: Favorable, pero requiere manejo de la densidad y la aireación.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Arena, Limo, Arcilla

UNIDAD: Porcentaje (%)

RANGO (MIN - MAX): 0 a 100

RECOMENDACIÓN: Determina el tipo textural del suelo y afecta directamente el manejo del riego y la fertilización.

B. MACRONUTRIENTES Y ACIDEZ

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Fósforo disponible (P) Bray II

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 20 a 80

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Raíces pobres y baja floración. Acción: Aplicar fertilizantes fosfatados (DAP, MAP).

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Puede fijar micronutrientes como el Zinc y contaminar aguas. Acción: Suspender aplicaciones.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Azufre disponible (S)

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 20 a 100

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Amarillamiento en hojas jóvenes.
Acción: Aplicar fuentes de sulfato como Yeso o Sulfato de Amonio.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Rara vez es tóxico, pero contribuye a la acidez.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Acidez (KCl) / Aluminio Intercambiable

UNIDAD: cmol(+)/kg

RANGO (MIN - MAX): No aplica

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): -

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Aluminio Tóxico. Causa inhibición del crecimiento radicular. Acción: Encalado (aplicación de Cal) para precipitar el Aluminio.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Calcio intercambiable (Ca)

UNIDAD: cmol(+)/kg

RANGO (MIN - MAX): 5 a 30

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Problemas estructurales y deformación de frutos. Acción: Aplicar Cal agrícola o Nitrato de Calcio.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Puede desbalancear la proporción Ca:Mg:K.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Magnesio Intercambiable (Mg)

UNIDAD: cmol(+)/kg

RANGO (MIN - MAX): 2 a 6

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Clorosis (amarillamiento) intervenal en hojas viejas. Acción: Aplicar Cal Dolomita o Sulfato de Magnesio.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Compite con la absorción de Potasio.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Potasio intercambiable (K)

UNIDAD: cmol(+)/kg

RANGO (MIN - MAX): 0 a 1

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Frutos pequeños, baja calidad y "quemaduras" en bordes de hojas. Acción: Aplicar Cloruro o Sulfato de Potasio.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Bloquea la absorción de Magnesio y Calcio.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Sodio intercambiable (Na)

UNIDAD: cmol(+)/kg

RANGO (MIN - MAX): 0 a 4

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): -

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Suelo Sódico (mayor a 4 cmol/kg). Destruye la estructura física del suelo. Acción: Aplicar Yeso Agrícola y lavar.

C. MICRONUTRIENTES DISPONIBLES (OLSEN/DOBLE ÁCIDO)

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Hierro disponible (Fe)

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 80 a 400

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Clorosis en brotes nuevos (hojas blancas). Acción: Aplicar Quelatos de Hierro foliar o al suelo.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Común en pH bajo. Acción: Elevar el pH.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Manganeso disponible (Mn)

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 4 a 18

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Manchas cloróticas en hojas jóvenes. Acción: Aplicación foliar o Sulfato de Manganeso.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Tóxico en suelos ácidos. Acción: Elevar el pH.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Zinc disponible (Zn)

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 15 a 45

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Crecimiento en roseta y hojas pequeñas. Acción: Aplicar Sulfato de Zinc o quelatos.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Raro, se maneja ajustando el pH.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Cobre disponible (Cu)

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 0 a 6

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Deformación en hojas terminales. Acción: Aplicación foliar o Sulfato de Cobre.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Tóxico. Acción: Elevar el pH.

DETERMINACIÓN ANALÍTICA: Boro disponible (B)

UNIDAD: mg/kg

RANGO (MIN - MAX): 0 a 1

BAJO EL MÍNIMO (ACCIÓN): Deficiencia. Fallas reproductivas y muerte de brotes. Acción: Aplicar fertilizantes borados.

SOBRE EL MÁXIMO (ACCIÓN): Exceso. Quema severa de los bordes de las hojas. Acción: Lavar el suelo.