



AGRICULTURA DE PRECISION

Variabilidad Espacial....

Confianza que da los mejores frutos

Agricultura de Precisión

- “Consiste en automatizar la gestión Sitio- Especifico de Cultivos usando las tecnologías de información”. (Heimlich, 1998).
- “La Agricultura de Precisión corresponde a una estrategia de administración que utiliza tecnología de la información y las comunicaciones para recolectar datos útiles desde distintas fuentes con el fin de apoyar decisiones asociadas a producción de cultivos” (Heimlich, 1998).
- “Gestión agronómica diferenciada del campo en función de la variabilidad espacial presente en el terreno”.(Bruno Bassi, Luigi Sartori, Matteo Bertocco)
- “Aplicar de forma diferenciada todos los factores productivos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, semillas, etc.) a cada pequeña porción de terreno para eliminar desperdicios , aumentar los beneficios y conservar el medio ambiente. ”.
- (Bruno Bassi, Luigi Sartori, Matteo Bertocco)



Agricultura de Precisión

- Nace en Estados Unidos a comienzos de la década de 1990, Gracias al desarrollo de:
 - Sistemas de localización (GPS)
 - Potentes computadoras
 - Sistemas de información geográfica (GIS)
 - Sofisticados sistemas de comunicación entre el tractor y tractorista
 - Sensores precisos (Sensores remotos, clorofila, clima , etc.)

Nace bajo el lema

(Haz la labor de cultivo apropiada en el lugar exacto en el momento justo)



Importancia de la AP

- Con la ayuda de la tecnología , se puede :
 - Medir,
 - analizar
 - y manejar la variabilidad de la planta, del suelo , etc.

Optimización de la producción basada en la variabilidad espacial

Entendiendo la Variabilidad Espacial

- Es una característica que afecta a todos los parámetros del terreno (humedad, textura, contenido en nutrientes, pendiente, etc.) Vigor, estado de la planta , etc. *"Bruno Basco, Luigi Sartori, Matteo Bertocco"*
- Resulta de :
 - » Componente espacial
 - » Componente temporal
 - » Tipo de cultivo
 - » Labores emprendidas por el hombre

*La variable que afecta a cualquier parámetro se manifiesta
Tanto a gran escala como a pequeña escala*

Qué es variabilidad espacial?

- Es el resultado de muchos factores que interactúan de modo continuo en un contexto *Espacio-Temporal*.
- Se origina de razones:
 - **Sistemáticas**
 - » Consiste en un cambio gradual y bien definido
 - **Casuales**
 - » Diferencias que no pueden ser atribuidas a causas conocidas y que en el estado actual del conocimiento no tiene interpretación.

Variabilidad en el suelo

- Las causas principales de variabilidad en el suelo se pueden agrupar en tres categorías:
 - **Fija o Estática**
 - No se puede modificar
 - **Relativamente estática**
 - Puede variar de un año a otro pero nunca de prisa
 - **Variable o dinámica**
 - Puede cambiar durante el periodo del cultivo



Clasificación de las principales causas de la variabilidad de los suelos

<i>Tipo de causa</i>	<i>Controlables</i>	<i>Incontrolables</i>
Fijas o estáticas	Drenaje	Topografía Textura Profundidad de los horizontes
Relativamente estáticas	P,K Ph Compactación Presencia de malas hierbas	Materia Orgánica Capacidad de intercambio catiónico
Variables o dinámicas	N Plagas específicas de cada cultivo	Humedad Temperatura Precipitación Plagas migratorias

Variabilidad de la producción

- Puede ser considerada la consecuencia de la variabilidad de las interacciones entre el cultivo y los factores climáticos.
- El contenido de humedad y de nutrientes a lo largo del perfil del suelo contribuye de forma sustancial a la variabilidad espacial de la producción
- Procesos más influyentes:
 - » *los geológicos y edafológicos*
 - » *Labores culturales*

*La variabilidad de la producción solo en parte es debida
A la variabilidad de las propiedades estáticas con mayor
influencia de las dinámicas.*

Cuantificación de la variabilidad espacial

- **Método tradicional o discreto**
 - Supones que dentro del mismo tipo de suelo la variabilidad es reducida (Zonas homogéneas).
 - Los cambios se producen de forma brusca en el límite entre dos unidades distintas.
 - **Desventaja:**
 - La variabilidad puede ser tan pequeña que puede ser despreciada o se la considera una discrepancia inevitable que puede ser admitida.
 - No es adecuado para hacer interpolaciones, porque no asume que el valor de los parámetros muestreados varía de un lugar a otro.

Cuantificación de la variabilidad espacial

- **Geoestadística**

- Es un rama de la estadística que empezó a elaborarse en 1971.
- Ideal para el armado conceptual y una sólida base técnica para estudiar la variabilidad
- Instrumento eficaz para la monitorización y la gestión del territorio
- Eficaz para la planificación de estrategias de muestreos
- Ideal para la elaboración de cartografía cuya fiabilidad este estadísticamente medida

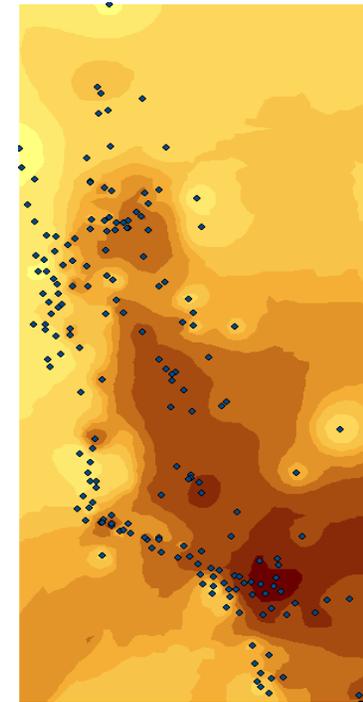
La diferencia consiste en suponer que exista una correlación espacial entre las muestras y que las relaciones puedan ser expresadas en términos de distancia relativa entre los puntos y no en función de sus posiciones absolutas

Usa:

- La varianza y variograma para determinar variabilidad
- Métodos de correlación
 - Modelo lineal
 - Modelo esférico
 - Modelo gaussiano
 - Modelo exponencial, etc.
- Métodos de interpolación
 - Kriging
 - Vecino mas cercano
 - Media Local
 - Distancia Inversa

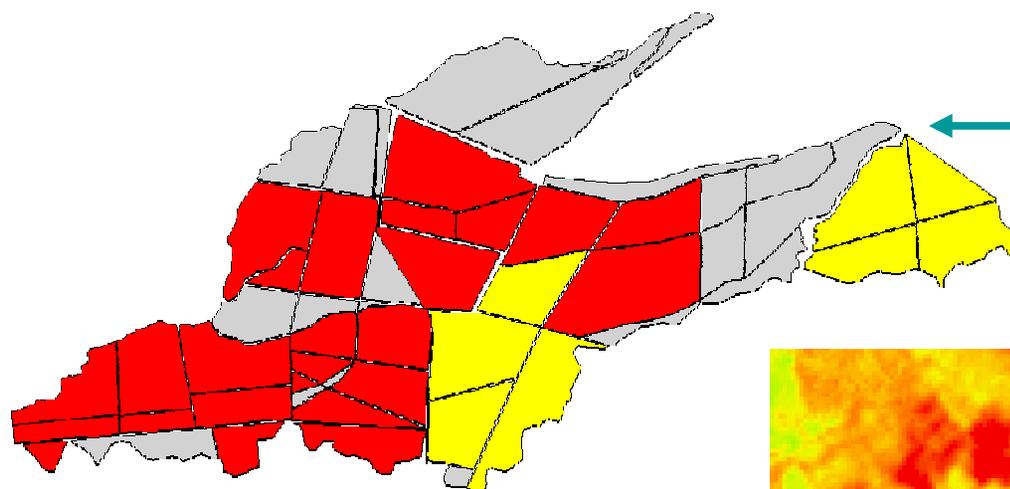


Kriging



IDW

Ejemplo gráfico:



Variabilidad según el método Tradicional

Mapa de rendimientos en caña 2008

Variabilidad usando Geo-estadística

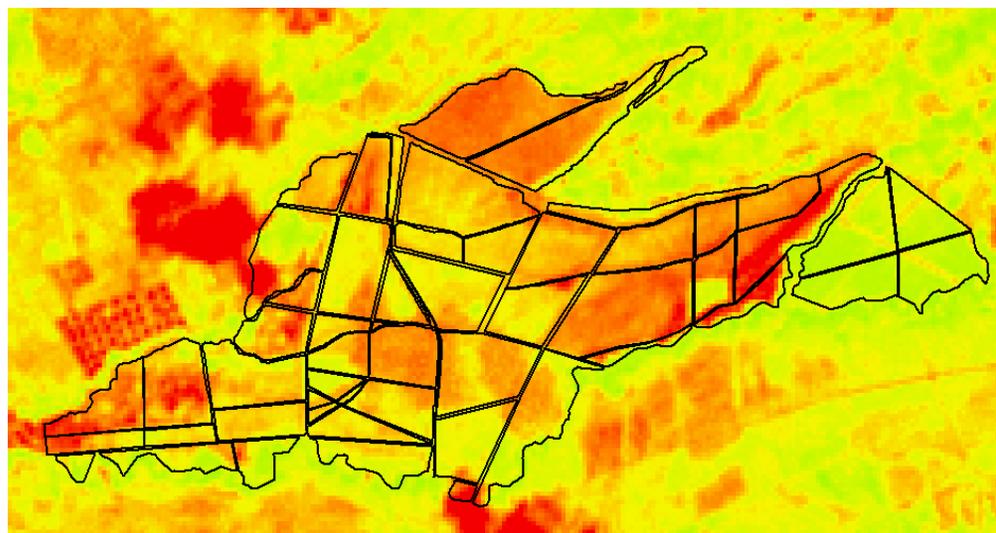
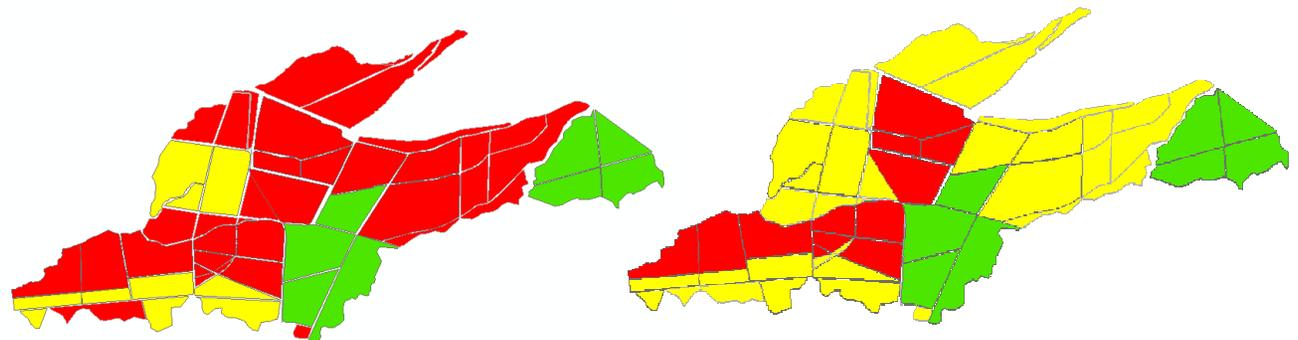


Imagen Aster para ver rendimientos en caña 2009

Confianza que da los mejores frutos

Variabilidad temporal

- Refiere al cambio que sufre un determinado parámetro a lo largo del tiempo (un año, ciclo del cultivo) independientemente de las posibles variaciones sufridas durante el ciclo del cultivo, como condiciones ambientales, y la iteración de otros factores presente:
 - Humedad
 - Precipitación
 - Riego
 - Drenaje etc.



Producción 2008

Producción 2009

Porqué estudiar variabilidad temporal?

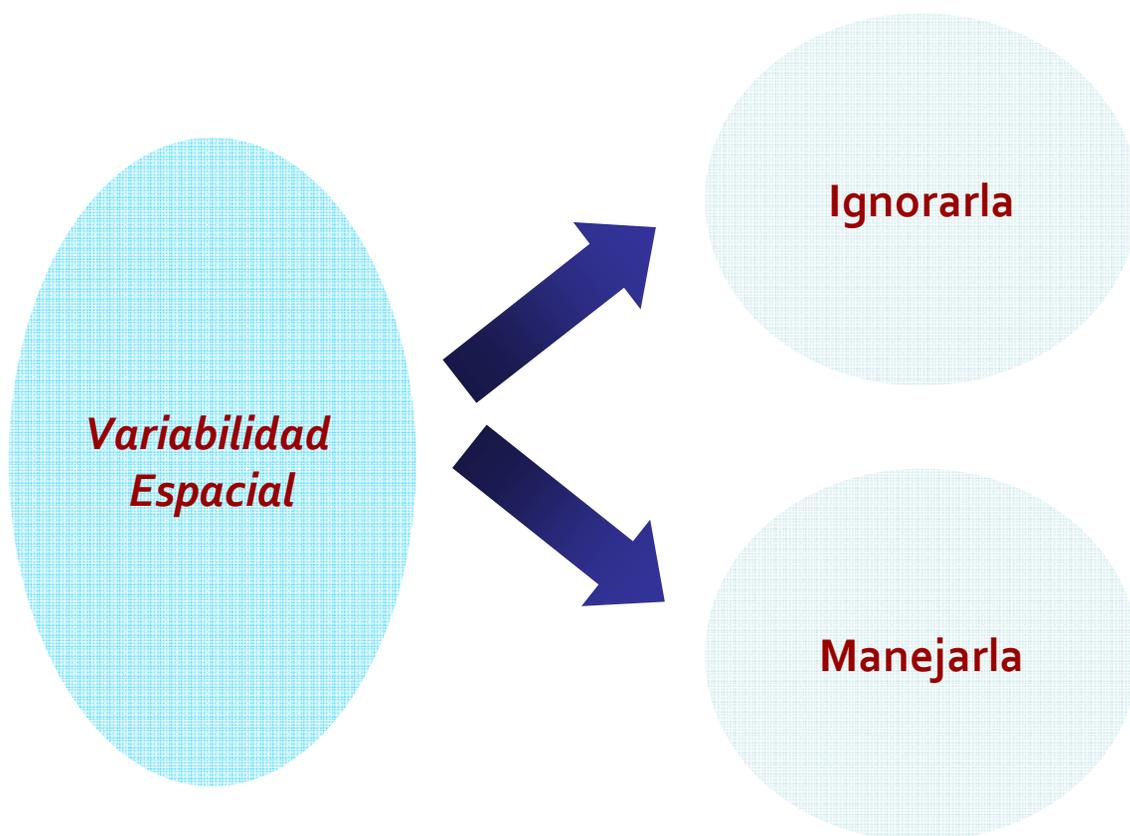
- Para cuantificarla y descubrir los factores fundamentales que influyen en ella.
- Individualizar las zonas donde se debe concentrar la atención al estudiar un parámetro y planificar los muestreos.
- Para delimitar las zonas de las fincas que deban ser gestionadas en forma diferente respecto a las contiguas.

Qué usamos para determinar variabilidad:

- Muestreos Georeferenciados (suelo, foliar, etc.)
- Seguimiento con sensores para identificar índices que apoyen el análisis como NDVI, GDVI, Stress, etc.
- Uso de instrumentos de monitoreo del cultivo (Lisímetros)
- Otros sensores , o datos como humedad, precipitación, plagas, etc.

Lo que se necesita va a depender del parámetro a estudiar.

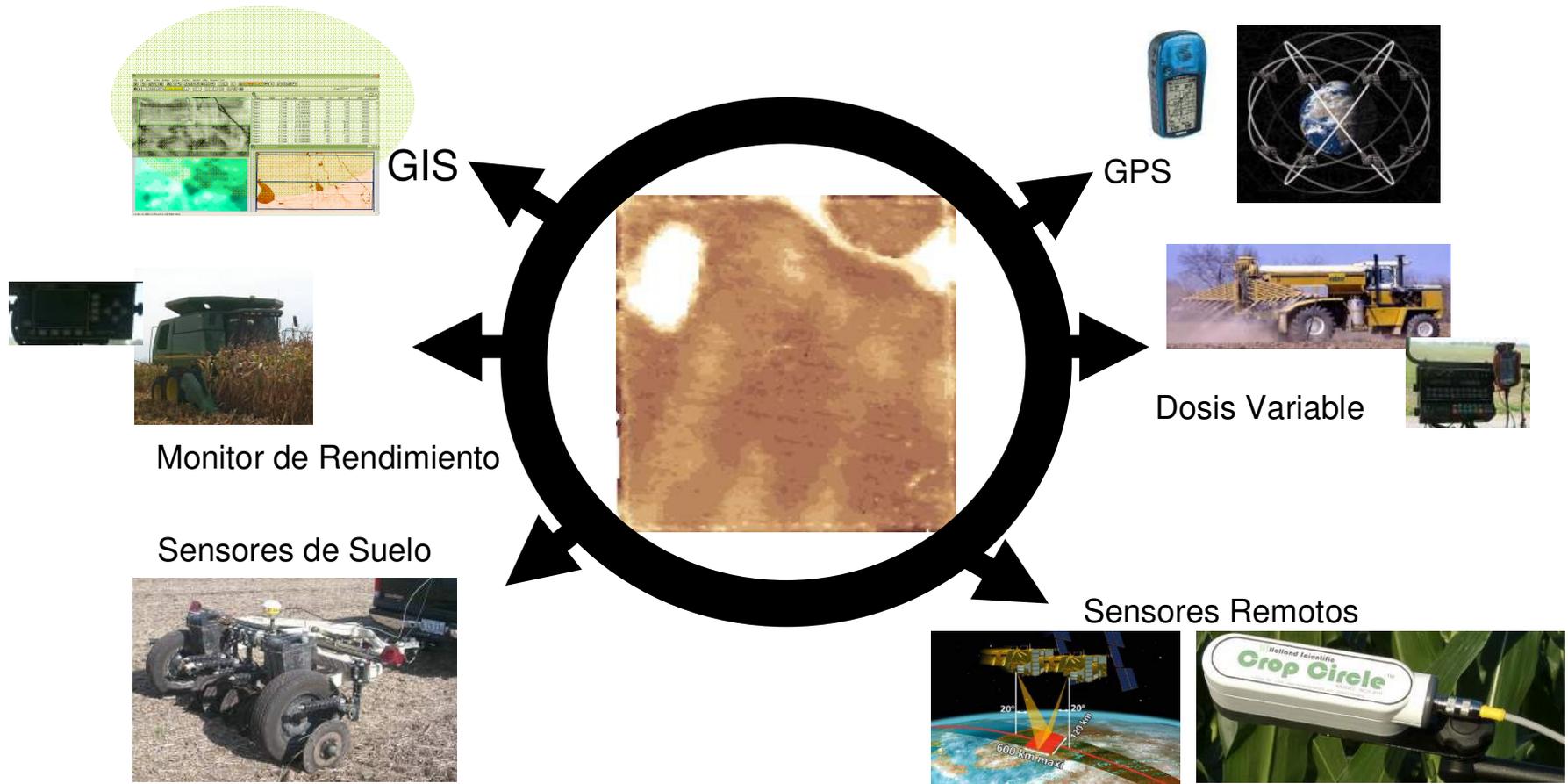
La gran pregunta?



- Agricultura Tradicional
- Mayor costos
- Menos beneficios
- Poca información del cultivo

- Manejo sitio específico
- Optimización de recursos
- Facilita Toma de decisión
- Producciones óptimas

Inversión en tecnologías para cuantificar la variabilidad espacial



Confianza que da los mejores frutos

Sistemas de Posicionamiento Global (GPS)

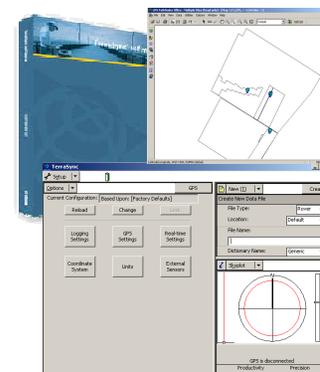
- Método general para identificar y registrar la posición de un objeto o de una persona sobre la superficie.
- Existen diversidad de GPS en el mercado:
 - Deportivos con errores de +/- 12 m
 - Submétricos con errores abajo de 1 m
 - Topográficos y geodésicos errores milimétricos



GPS Submétricos L1 y L2



Sistema de Estación Base



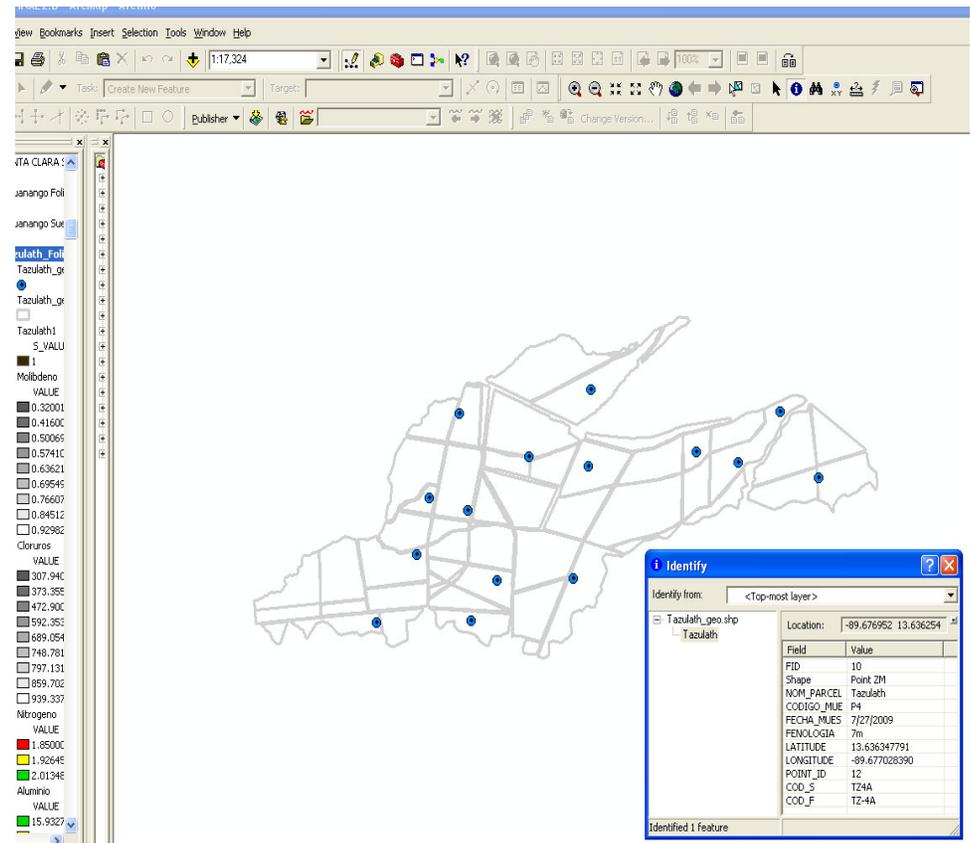
Software Especializado (captura, mantenimiento y postproceso)

Sistemas de Información Geográfica (GIS)

Todos los datos espaciales se almacenan de forma estructurada, en una base de datos espacial.

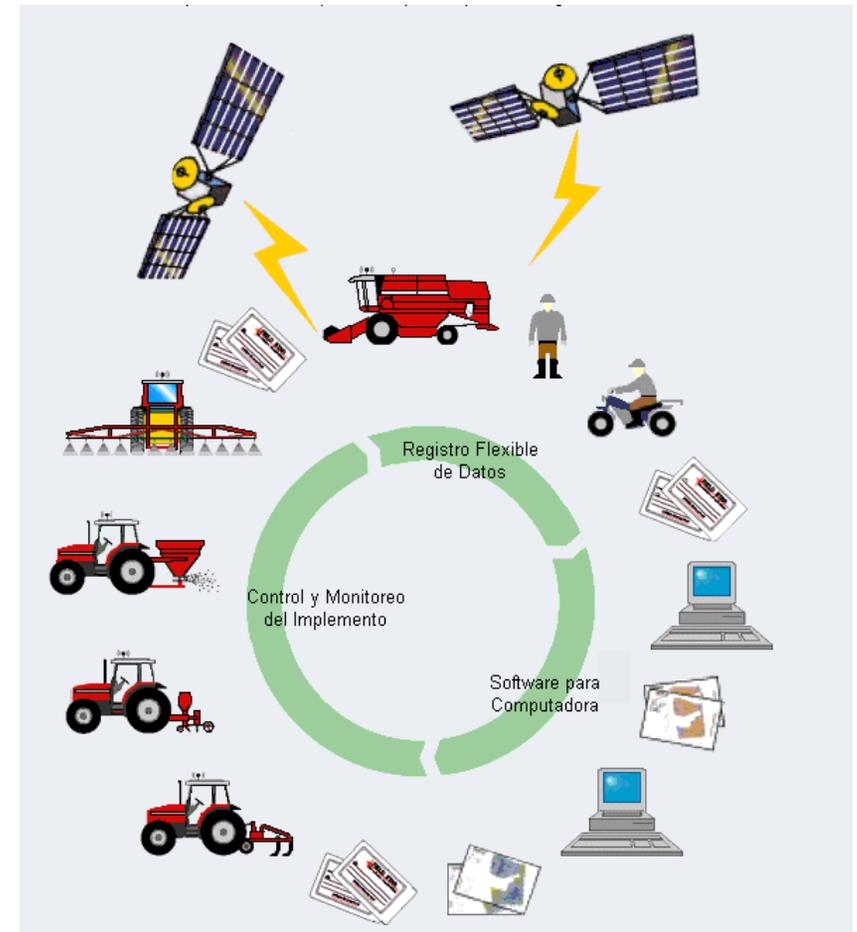
GIS también puede incluirse información no espacial, relacionada con cada punto o zona del mapa. Por ejemplo, nombre del propietario, su dirección o el valor estimado de la propiedad, etc.

Nos permite correlacionar los datos de un elemento específico y generar nueva información de carácter estadístico, analítico, temático, etc.



Sensores

- Sensores para elaboración de mapas de producción
 - Sensores de Humedad
 - Sensores de caudal de grano
 - Sensores de densidad, etc.



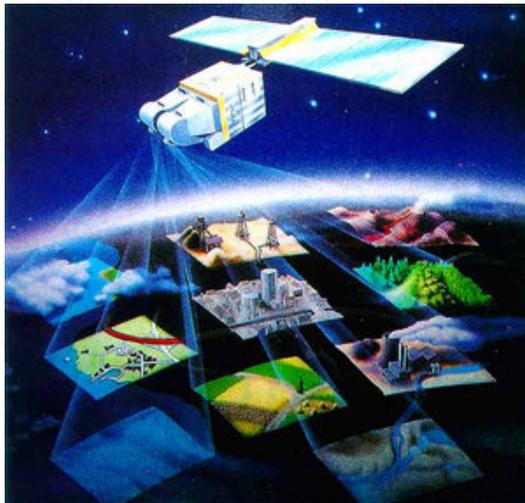
Sensores

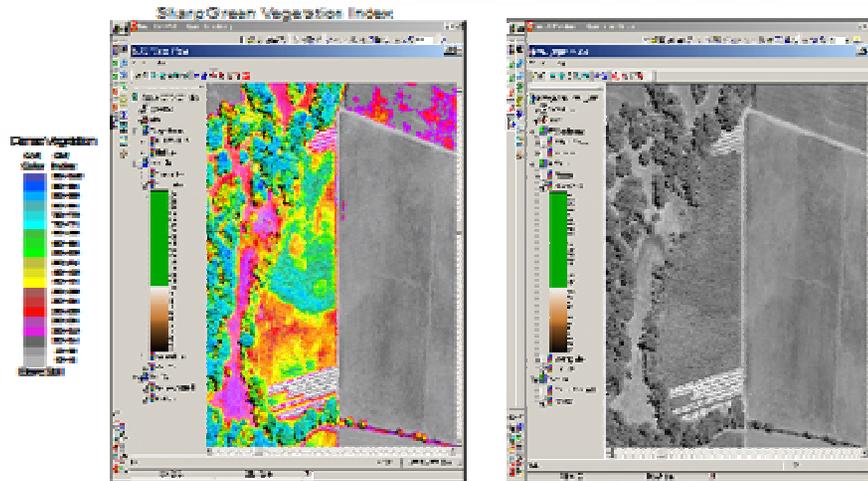
- Sensores para medir humedad, precipitación, temperatura, clorofila.



Sensores

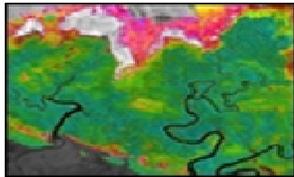
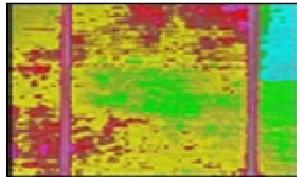
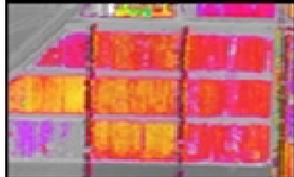
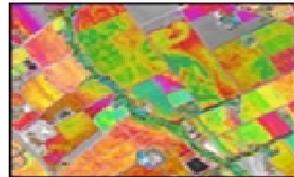
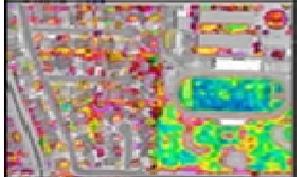
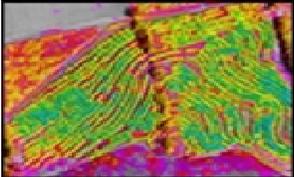
- Sensores Remotos
 - Imágenes de Satélite, ortofotos, imágenes radar





Sugar
Cane
Blown
Down

2 foot resolution
April 13, 2012
Chemas, Costa Rica

		
Usurpación de pantanos	Patrón de riego	Control de producción
		
Variaciones de salud de cultivo QuickBird	Bosque urbano y césped	Suelos y análisis de fertilidad



¿QUÉ SE ESTA HACIENDO EN CENTROAMÉRICA?

Confianza que da los mejores frutos



AgriTEC

- **AGRITEC es el nombre de la Plataforma de Servicio Técnico de Disagro**
- **Objetivo:**
 - Generar la mejor estrategia nutricional de acuerdo a las condiciones particulares del agricultor, para maximizar su rentabilidad.
- **Medios:**
 - Herramientas de alta tecnología para diagnosticar y monitorear la nutrición de los cultivos.
 - Conocimiento y experiencia de los agrónomos de Disagro.
 - Una línea completa de fertilizantes tradicionales y de especialidad.

Confianza que da los mejores frutos

Cómo lo hacemos?

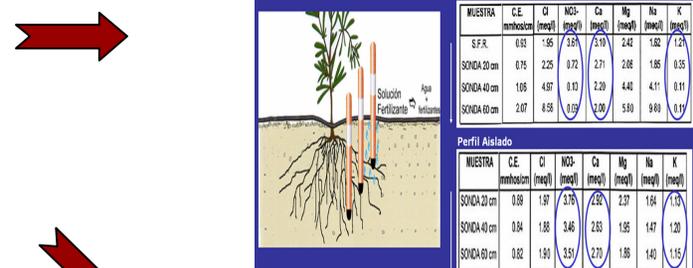
- **Procedimientos claves:**
 - Utilizando GPS de última generación, se recopila y analiza información cuantitativa geo-referenciada
 - Con el uso de sondas de succión (lisímetros), se recolecta exhaustiva información sobre la absorción y asimilación de elementos nutritivos por el cultivo
- **Lo cual permite:**
 - Identificar, medir y clasificar las variables productivas
 - Correlacionar con el rendimiento y calidad del cultivo
 - Determinación exacta de las necesidades nutricionales del cultivo
 - Determinación exacta de la composición, dosis y distribución de las aplicaciones del fertilizante

Servicios

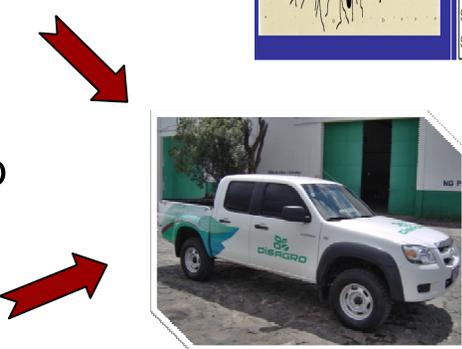
- Servicio GIS para manejar la Variabilidad Espacial



- Control y Seguimiento Nutricional



- Servicio de muestreo en campo

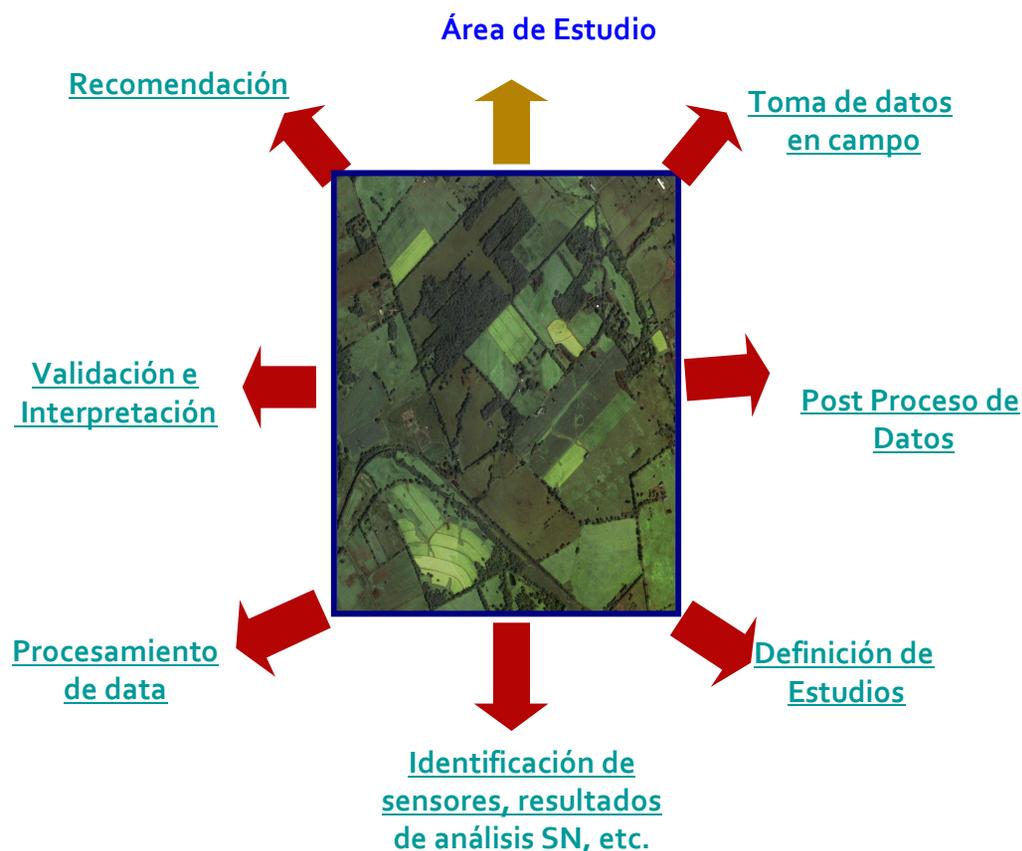


- Análisis de laboratorio especializado



- Asesoría Especializada

Proceso

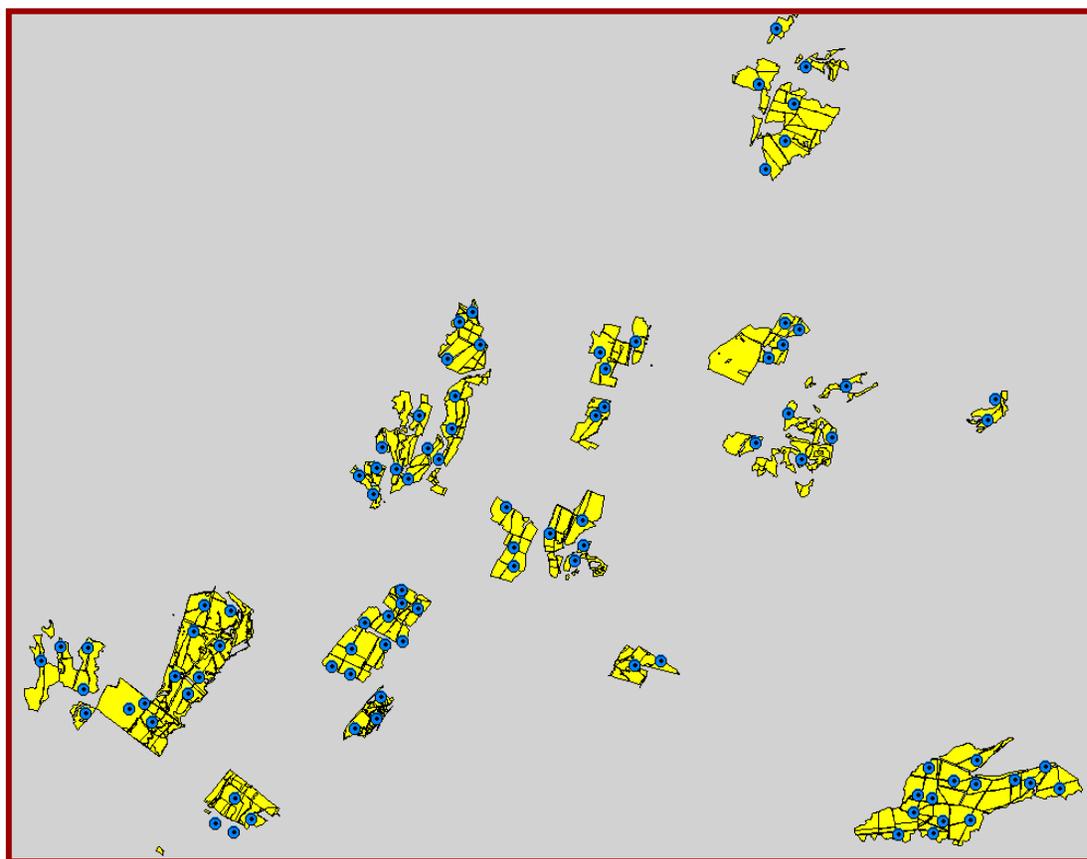


Qué hemos hecho?

- Área total de 1060 Mz.
 - 22 Fincas
- Muestreos aleatorios
 - 110 Muestreos de suelo georeferenciados
 - 101 Muestreos Foliare georeferenciados
- Control de calidad a los puntos muestreados y mapas de fincas
- Definición de mapeos y estadísticas a desarrollar.
- Compra de imágenes Aster Pre-cosecha de las 1060 Mz.
- Mapas Macro y micronutrientes, producción, calculo de Biomasa, áreas optimas para seguimiento nutricional, estadísticas para determinar variabilidad.
- Reuniones técnicas con personal de nuestros clientes para interpretar y sacar conclusiones de los análisis
- Presentación de la recomendación de fertilizantes y zonas de manejo.

Como lo hemos hecho?

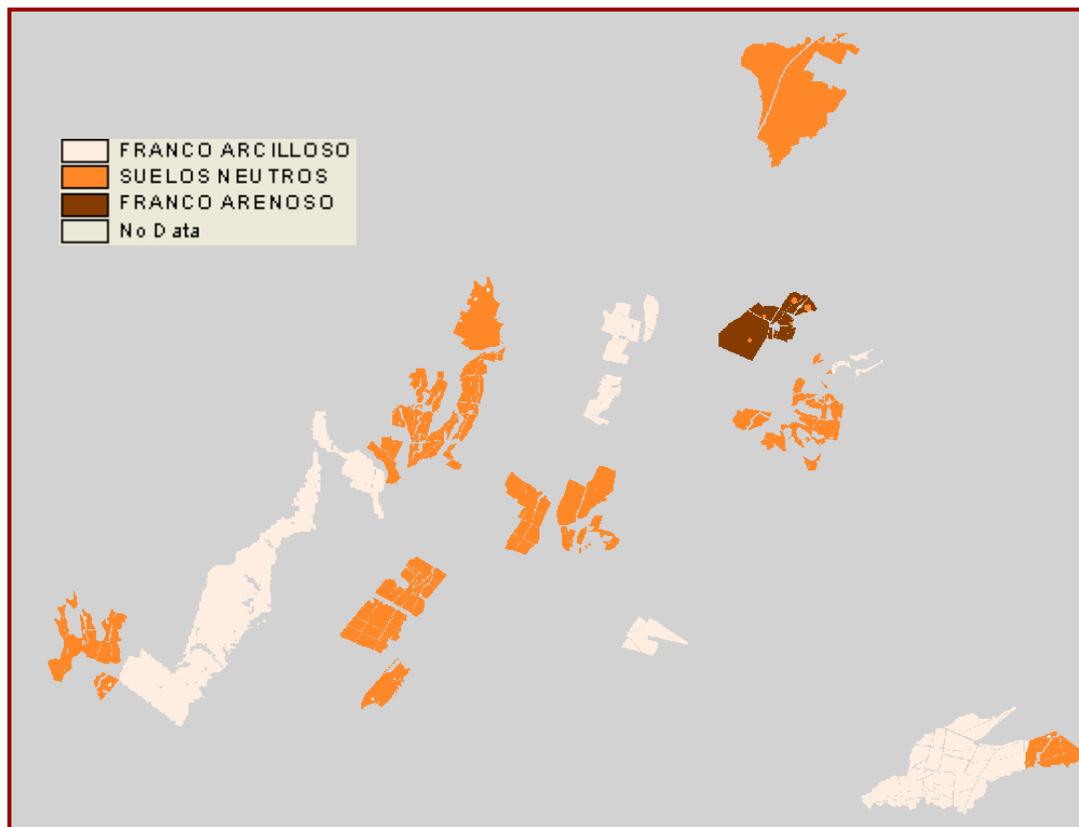
- Se realiza muestreos de suelo y muestreos Foliare Georeferenciados
- Se envían las muestra a través de nuestro centro logístico a los laboratorios AGQ de Chile
- Propósito:
 - Conocer el estado nutricional del suelo y las plantas
 - Diagnosticar Carencias y excesos de nutrientes
 - Confirmar diagnósticos de síntomas visibles en campo
 - Delimitar deficiencias y necesidades de fertilización
 - Ubicar geográficamente los puntos de muestreos para interpolación de datos.



Puntos de muestreos georeferenciados en las 22 fincas

Estudios Realizados

- Se elaboran alrededor de 16 mapas de suelo y 16 de foliar por cada finca, con nuestra moderna plataforma tecnológica GIS :
 - Ph, Granulometría
 - N, P, K
 - Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, B, Fe
 - Rendimientos, Áreas Óptimas para SN.
 - Se genera el cálculo de biomasa a partir de imágenes satelitales Aster
- Propósito:
 - Determinar zonas diferenciadas de manejo
 - Localizar geográficamente las áreas en los lotes de producción donde ocurren deficiencias de uno o más nutrientes.
 - Establecer áreas de seguimiento nutricionales

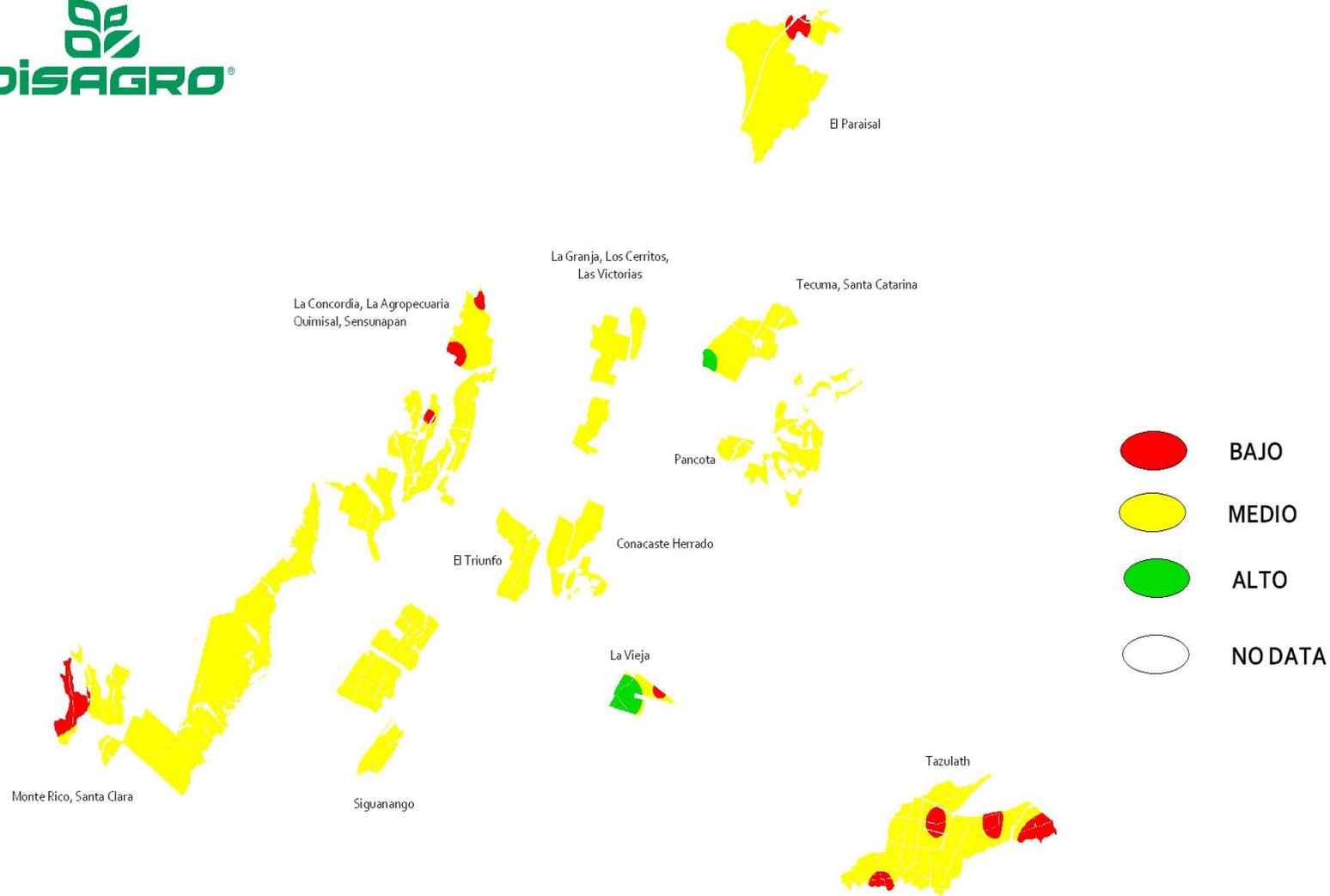


Mapa de Granulometría

Resultados e Interpretación

- De los análisis de *suelos* se puede decir:
 - Deficiencias :
 - Azufre
 - Zinc
 - Boro
 - Cobre
 - Nitrógeno
 - *Potasio fijado en el suelo*

- De los análisis *foliar* se puede decir:
 - Deficiencias :
 - Nitrógeno
 - Fósforo
 - Potasio
 - Magnesio
 - Calcio
 - Cobre
 - Zinc



ÁREA DE INFLUENCIA



CÓDIGO: SV-CÑ013-09

DESCRIPCIÓN DEL MAPA:

AUTOR: Unidad Corporativa GIS

FECHA: 10/2009

DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA

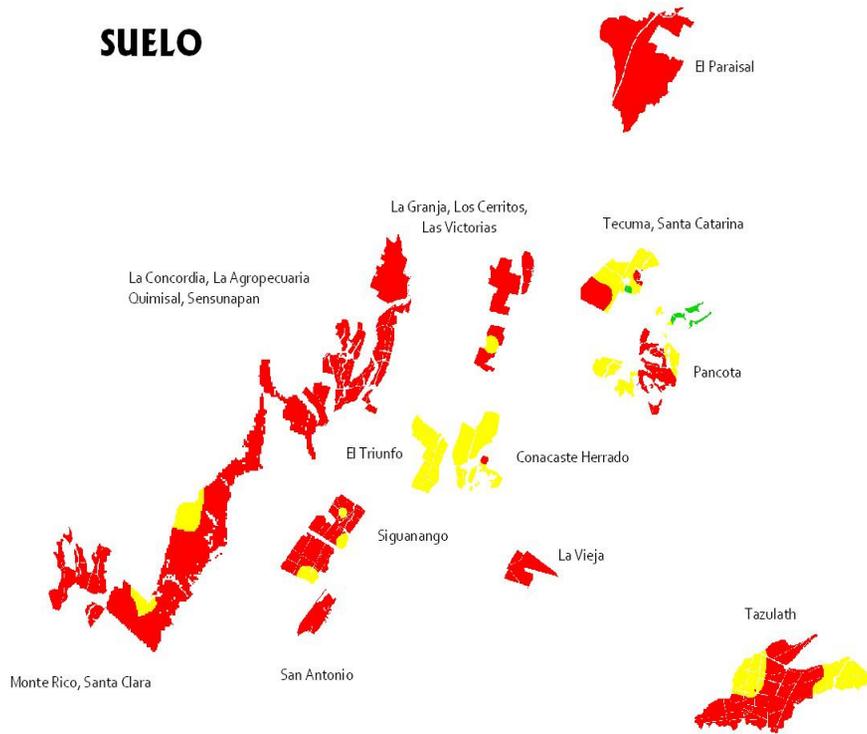
Escala: 1:2000

0.6 0 0.6 1.2 1.8 Miles

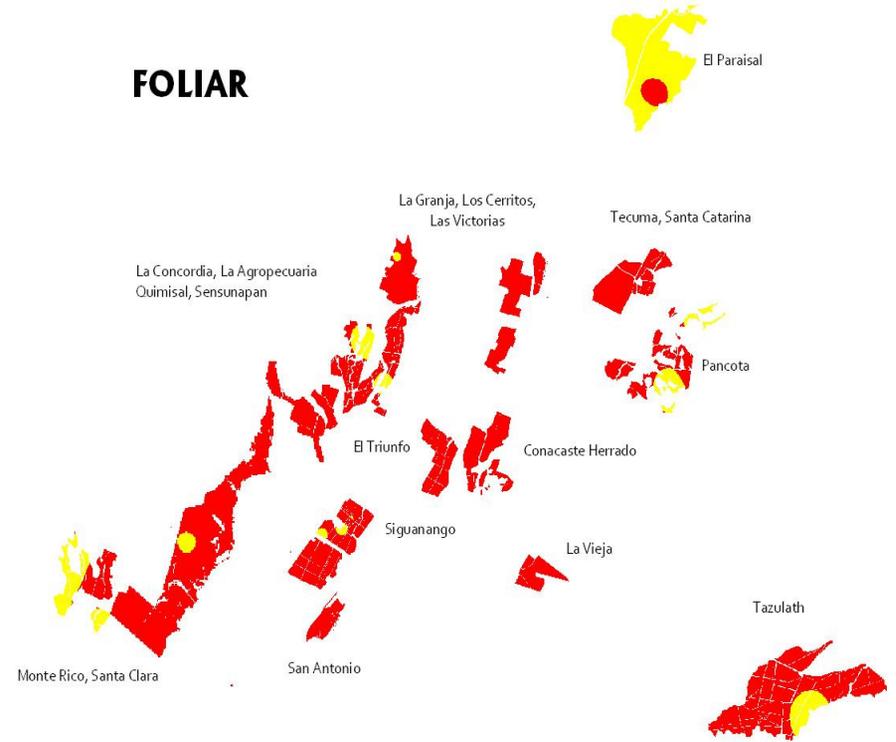
Proyección GCS ,
Dátum WGS 84



SUELO



FOLIAR



● BAJO
 ● MEDIO
 ● ALTO
 ○ NO DATA

ÁREA DE INFLUENCIA



DESCRIPCIÓN DEL MAPA:

E
e
e
t

AUTOR: Unidad Corporativa GIS

FECHA: 10/2009

FUENTE

CÓDIGO: SV-CÑ001-09

DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA

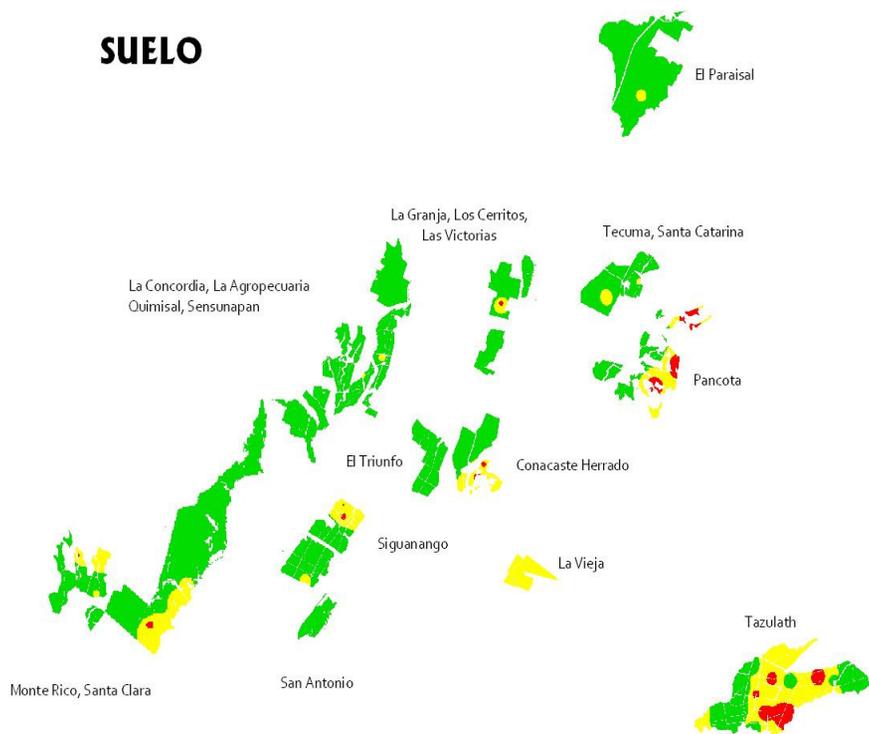
Escala: 1:2000



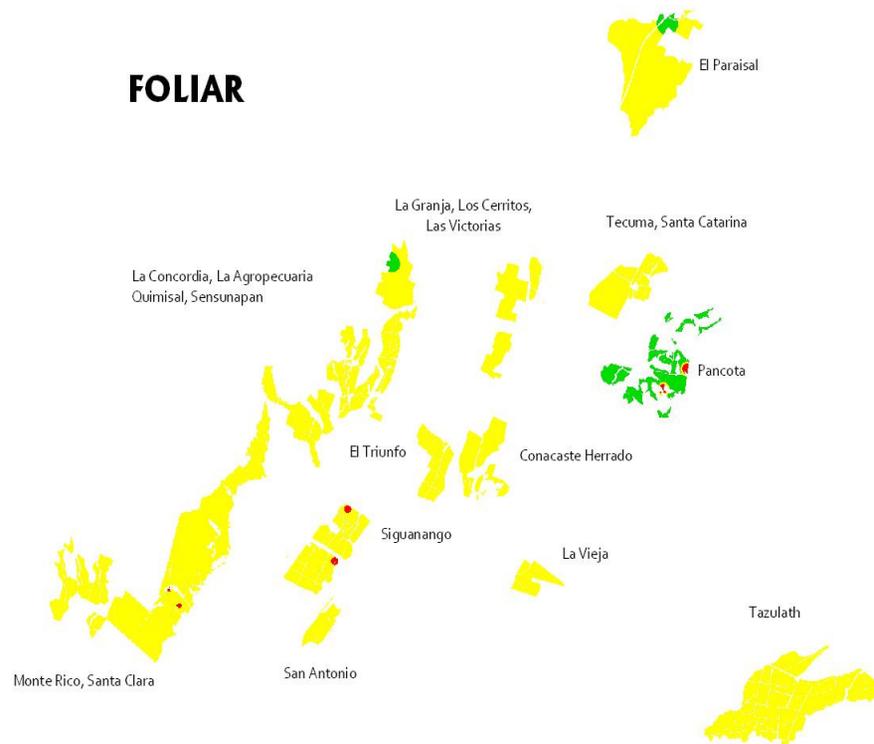
Proyección GCS,
Dátum WGS 84



SUELO



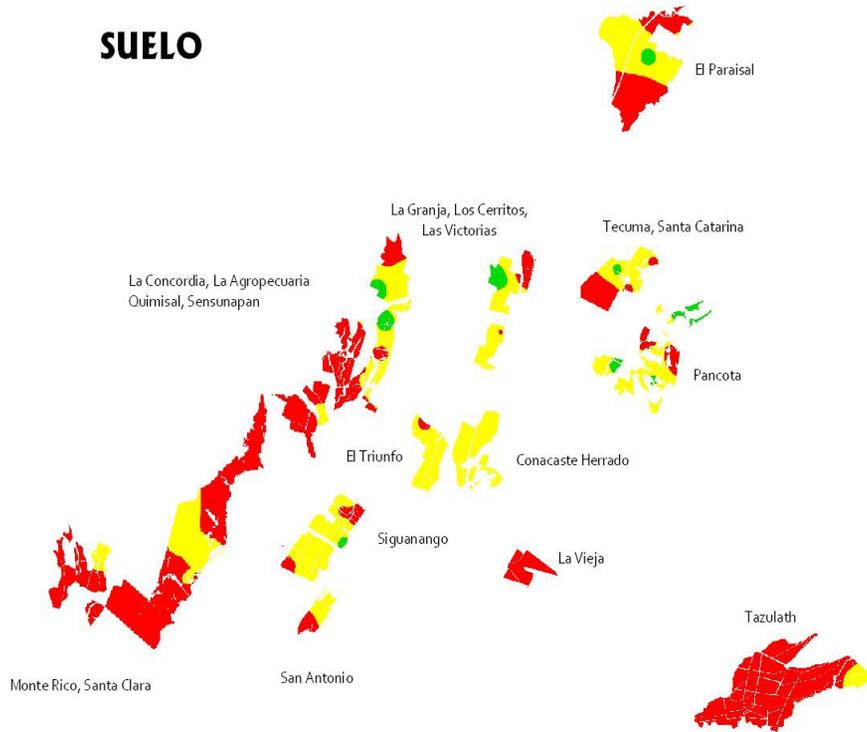
FOLIAR



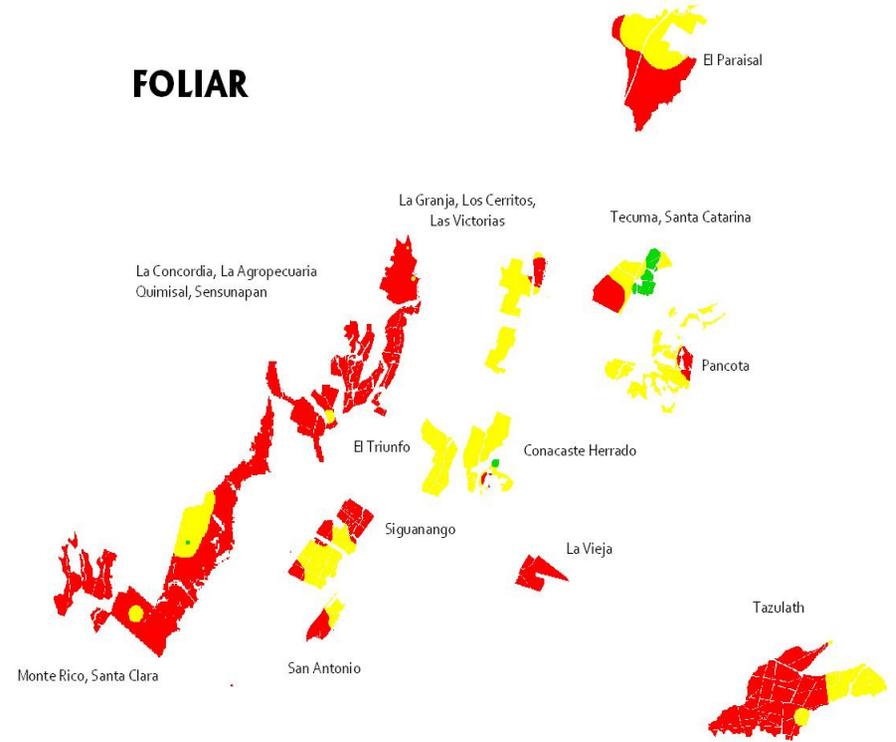
● BAJO
 ● MEDIO
 ● ALTO
 ○ NO DATA

ÁREA DE INFLUENCIA 	DESCRIPCIÓN DEL MAPA:		CÓDIGO: SV-CÑ002-09	
	AUTOR: Unidad Corporativa GIS	FECHA: 10/2009	DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA Escala: 1:2000  Proyección GCS , Dátum WGS 84	

SUELO



FOLIAR



● BAJO
 ● MEDIO
 ● ALTO
 ○ NO DATA

ÁREA DE INFLUENCIA



DESCRIPCIÓN DEL MAPA:

E
e
e
t

AUTOR: Unidad Corporativa GIS

FECHA: 10/2009

FUENTE

CÓDIGO: SV-CÑ003-09

DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA

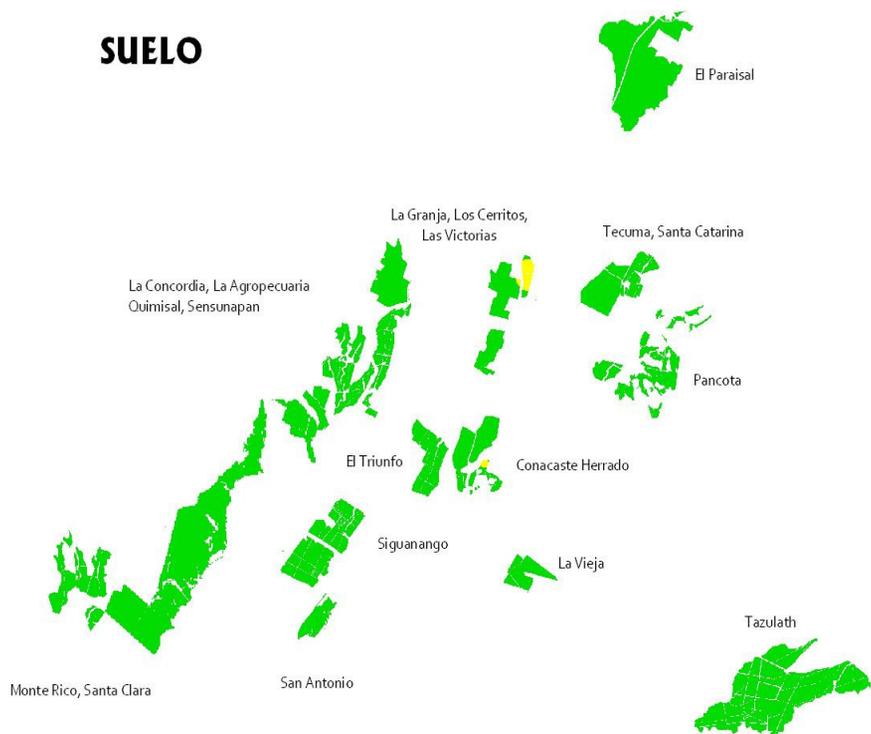
Escala: 1:2000



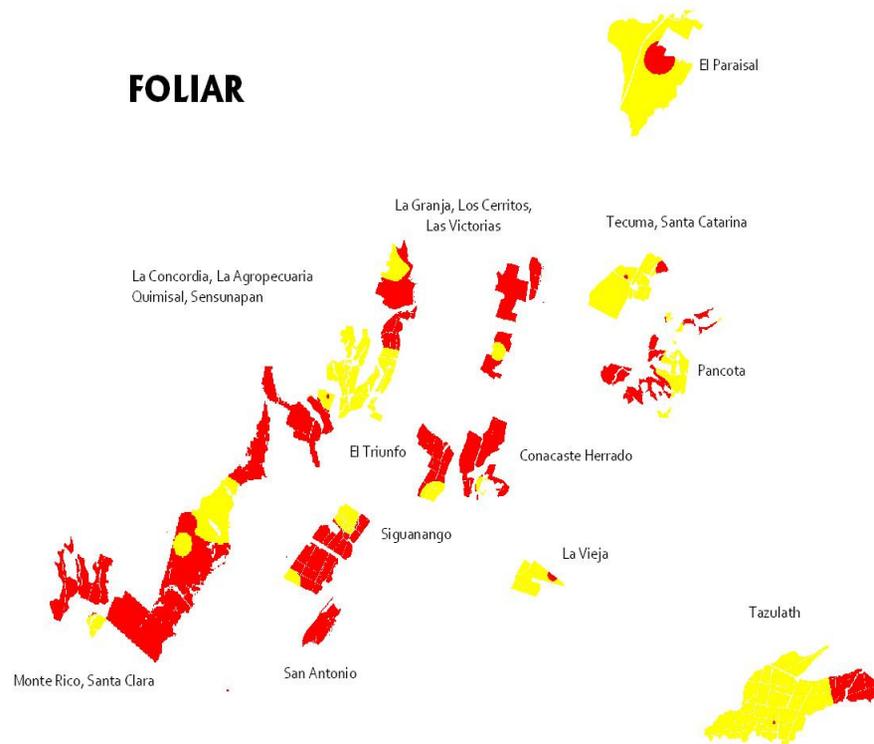
Proyección GCS,
Dátum WGS 84



SUELO



FOLIAR



● BAJO
 ● MEDIO
 ● ALTO
 ○ NO DATA

ÁREA DE INFLUENCIA



DESCRIPCIÓN DEL MAPA:

E
e
e
t

AUTOR: Unidad Corporativa GIS

FECHA: 10/2009

FUENTE

CÓDIGO: SV-CÑ004-09

DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA

Escala: 1:2000



Proyección GCS,
Dátum WGS 84





Determinación de áreas para seguimiento nutricional

- Se determinan basadas en el requerimiento de cruzar las variables, rendimiento, riego y potasio (K).
- Se considera fincas donde haya:

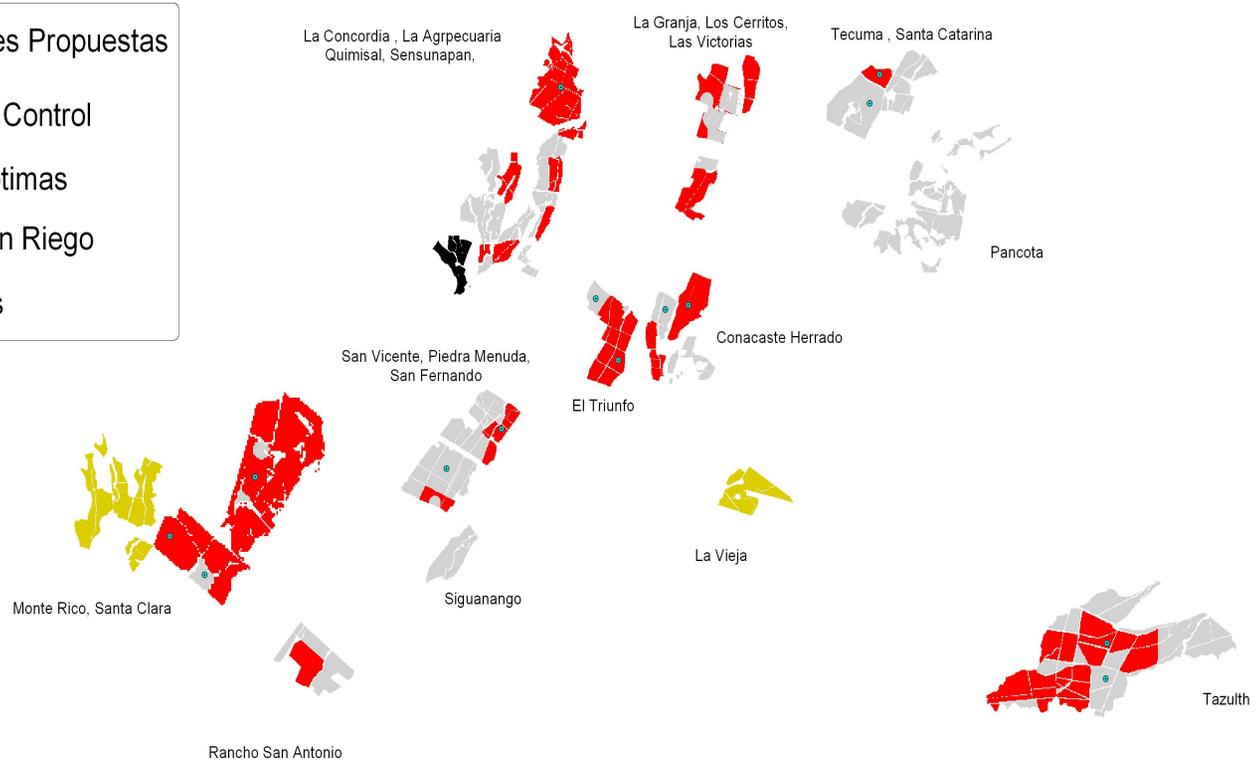
Rendimientos bajos + riego +K bajo

=

áreas optimas



	Estaciones Propuestas
	Areas de Control
	Areas Optimas
	Fincas Sin Riego
	Sin Datos



DESCRIPCIÓN DEL MAPA:		AUTOR: Unidad GIS	FECHA: 03/12/2009
FUENTE:			

CÓDIGO:

DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA

Escala Presentación 1:60,000
Escala de Trabajo 1:2000



Proyección GCS, Dátum WGS 84



Análisis espectral

- Se compra imágenes satelitales del sensor Aster de 15 mts de resolución
- Se establece la fecha de toma
- Propósito:
 - Calcular Índices de vegetación que nos indiquen salud y densidad del planta
 - Calculo de biomasa, para ver la correlación con la variable producción y variables nutricionales como potasio

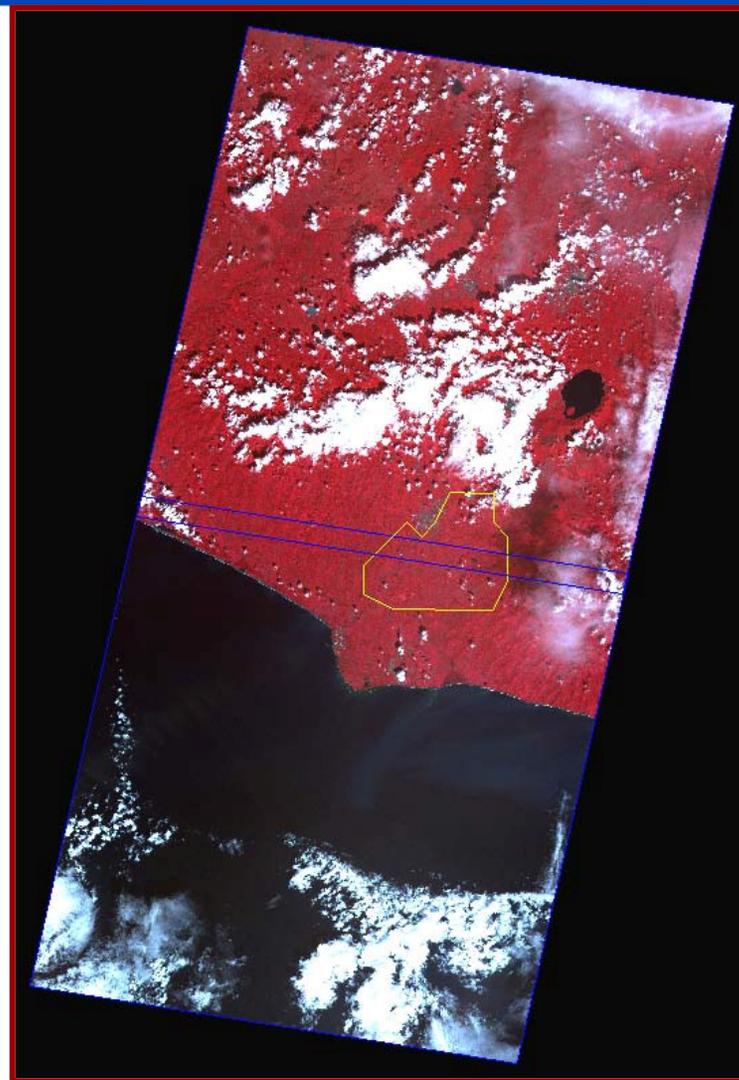
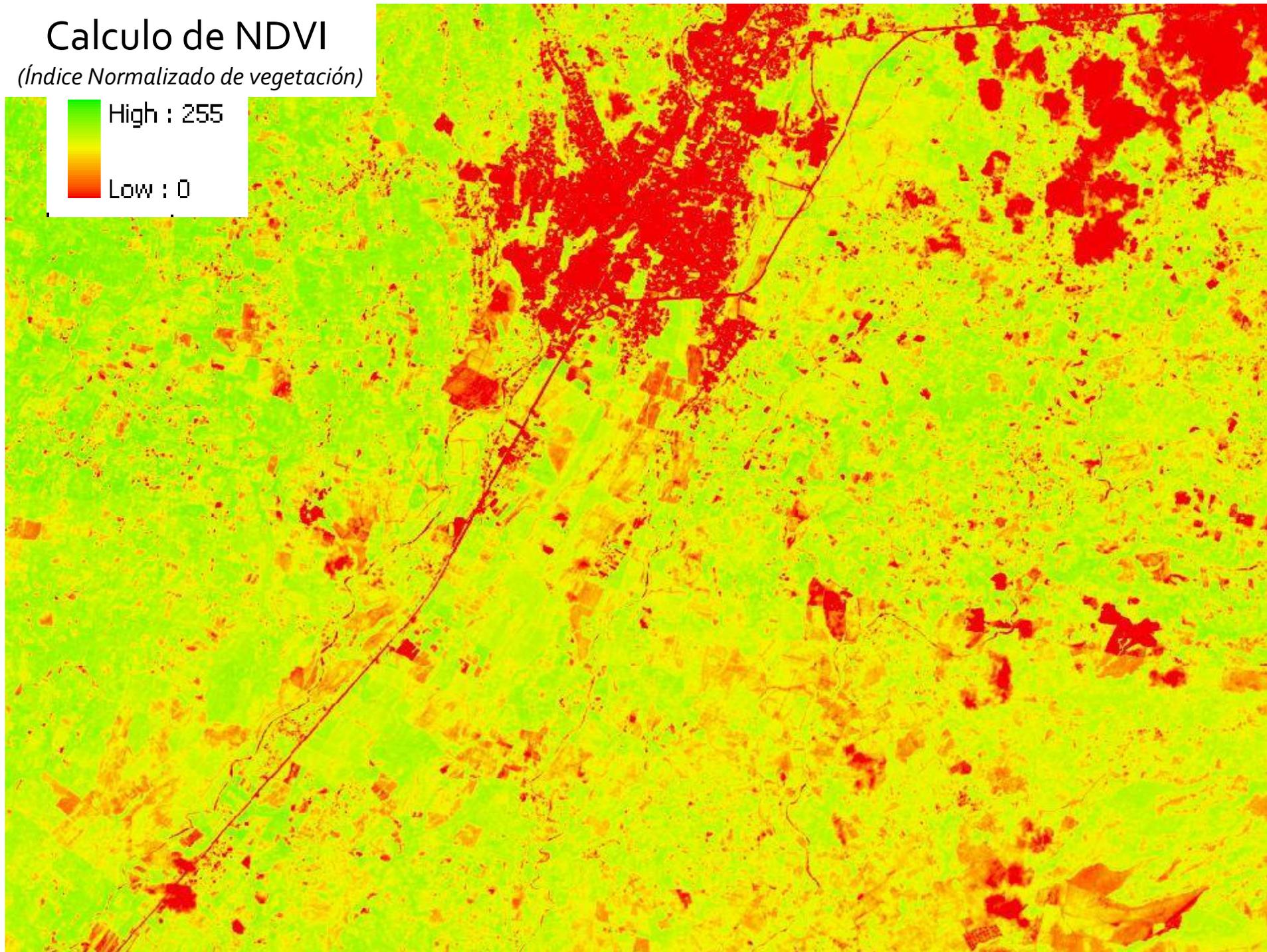
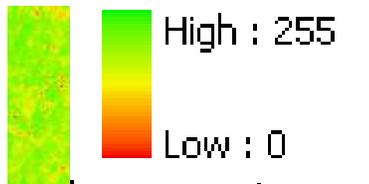


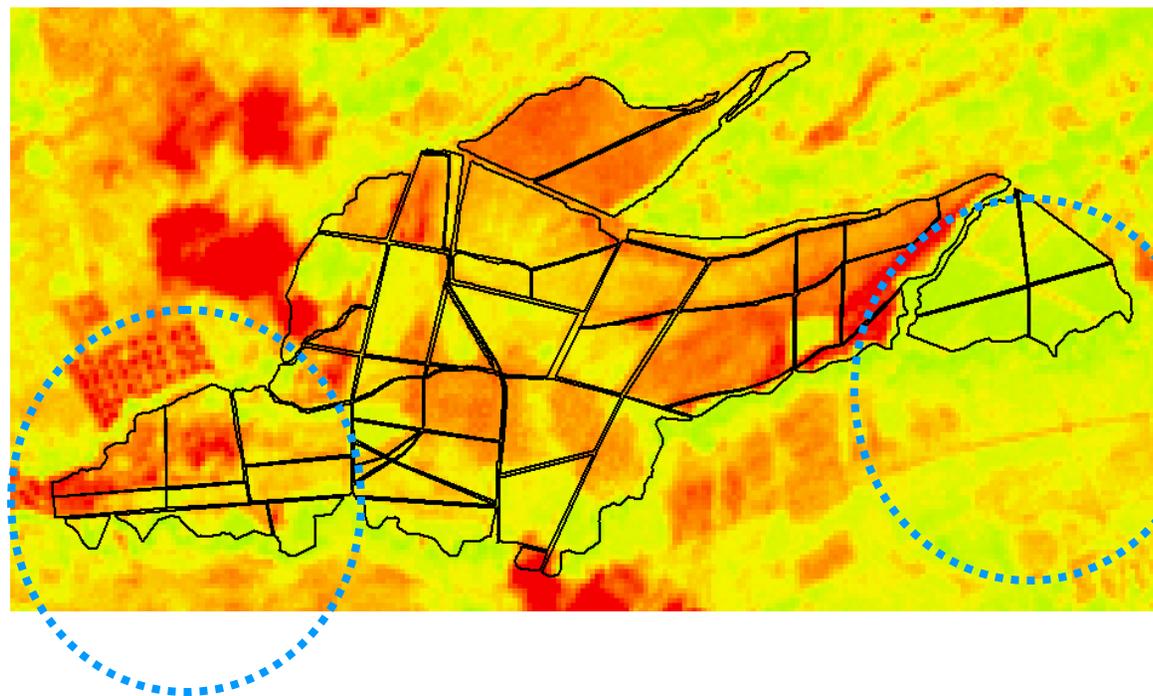
Imagen Aster Original
15 mts de resolución



Calculo de NDVI

(Índice Normalizado de vegetación)



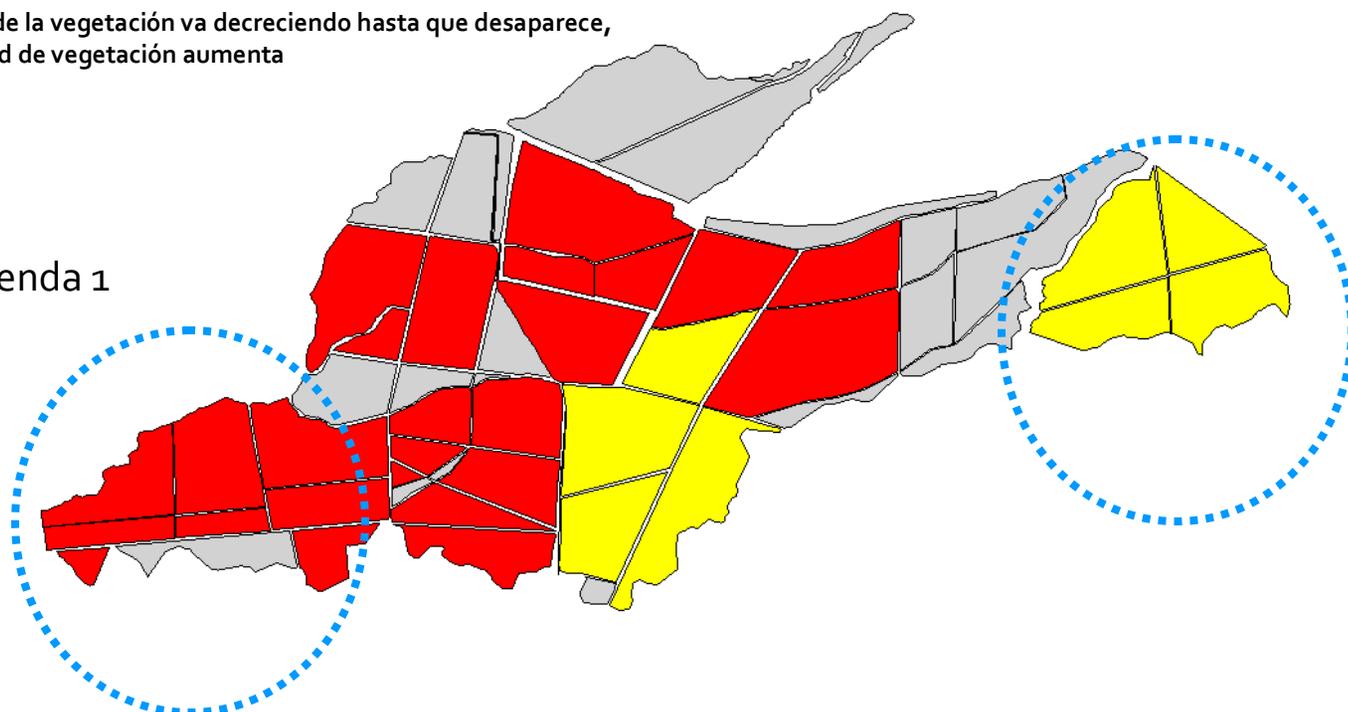


NDVI, Hacienda 1

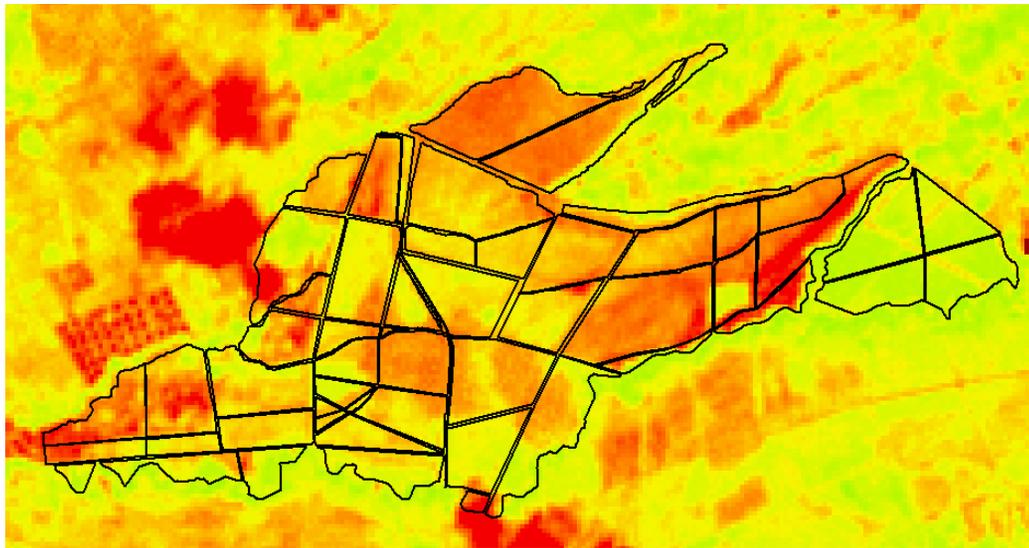
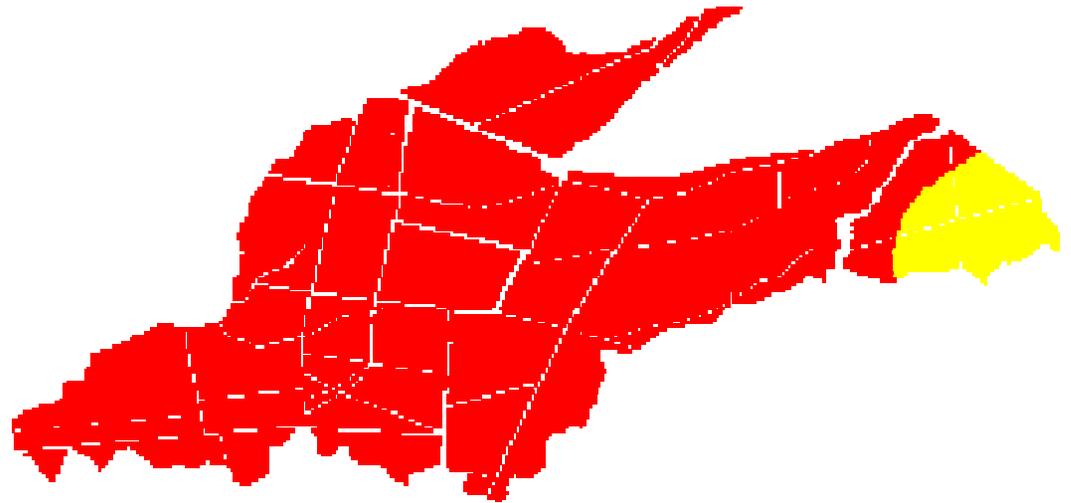


Entre mas próximo a (o) rojo la densidad de la vegetación va decreciendo hasta que desaparece, mientras que en las áreas verdes la densidad de vegetación aumenta

Mapa de Rendimiento, Hacienda 1



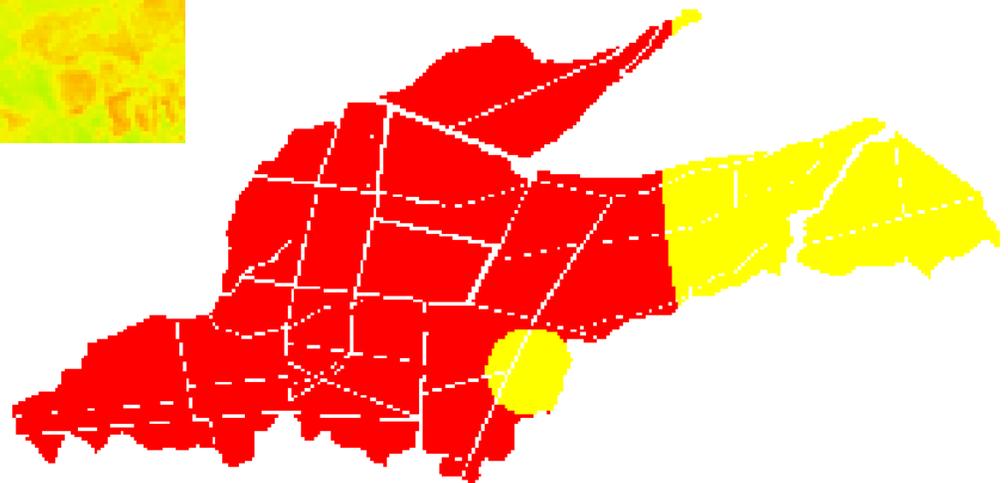
Potasio en suelo

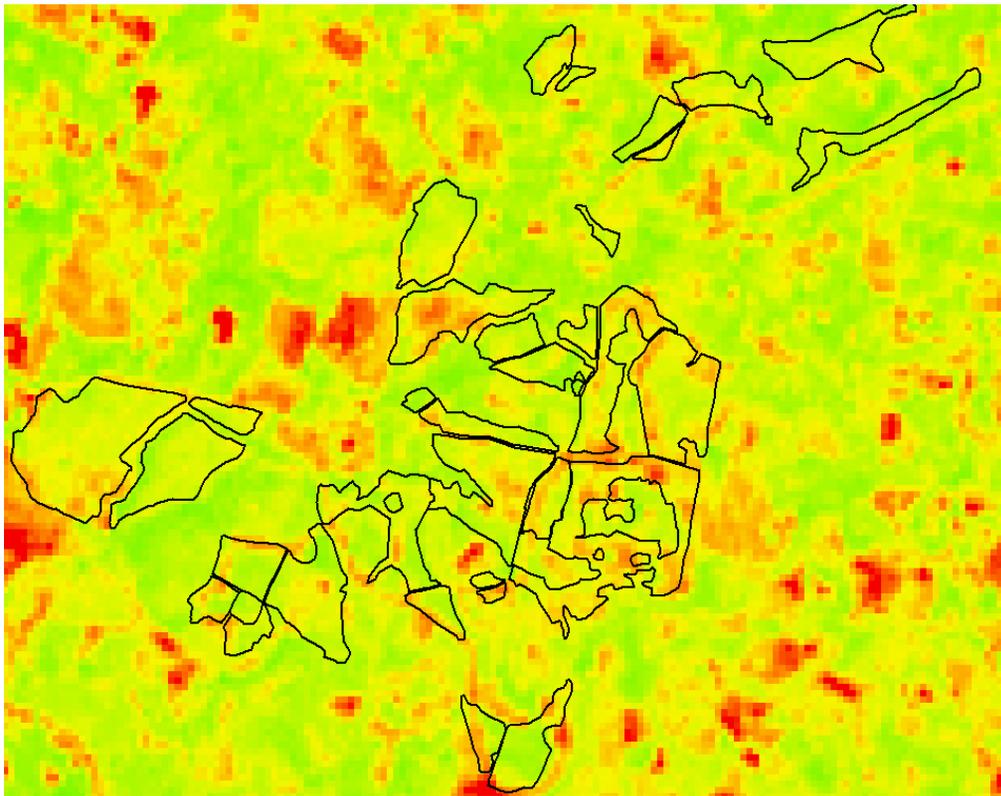


NDVI, Hacienda 1



Potasio en foliar

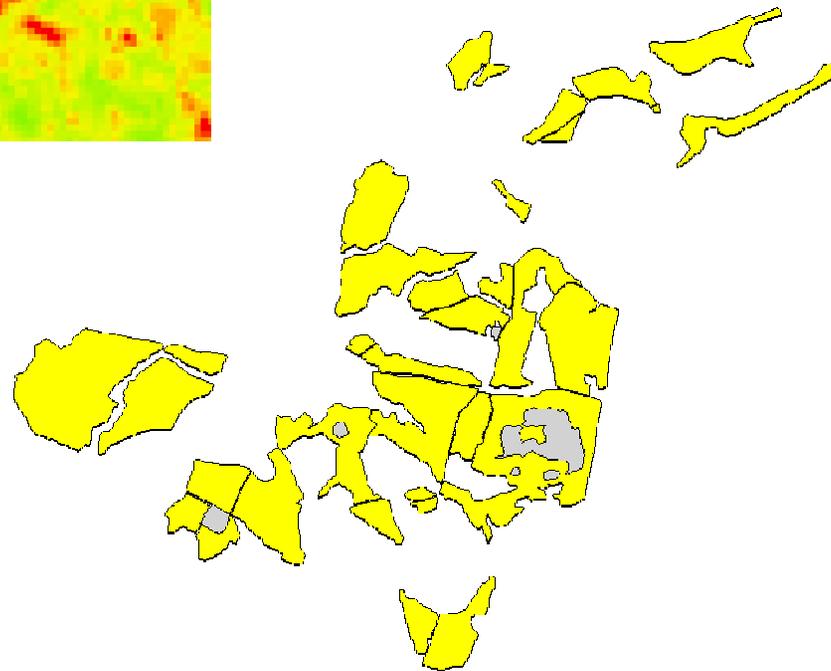




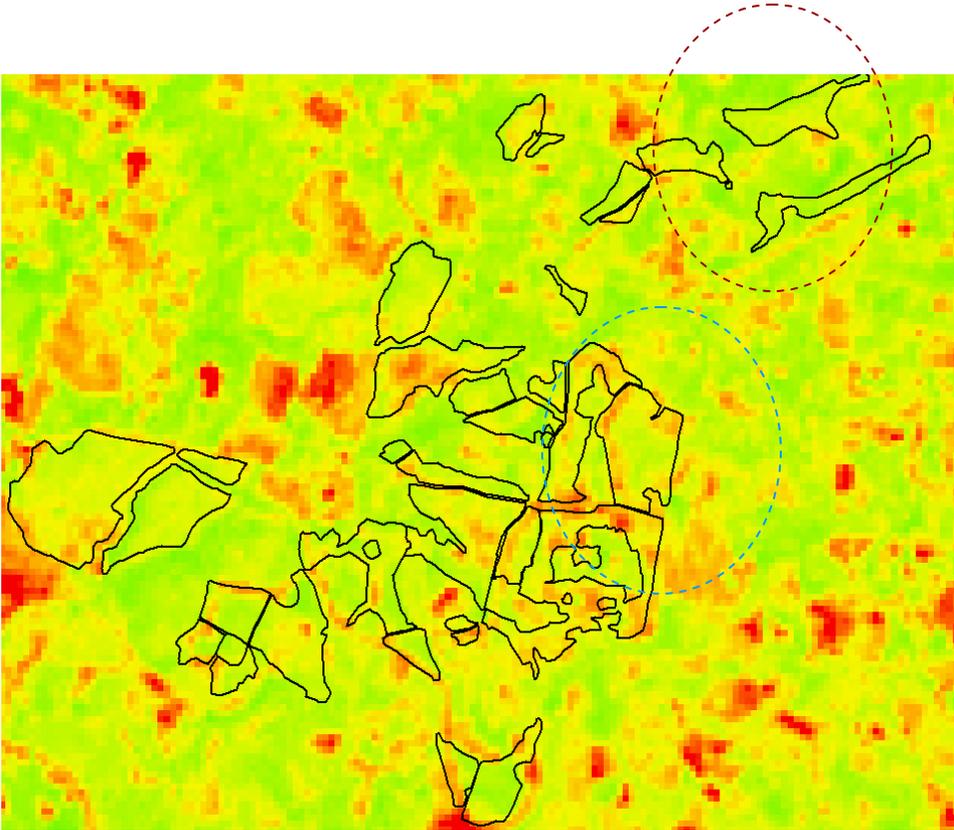
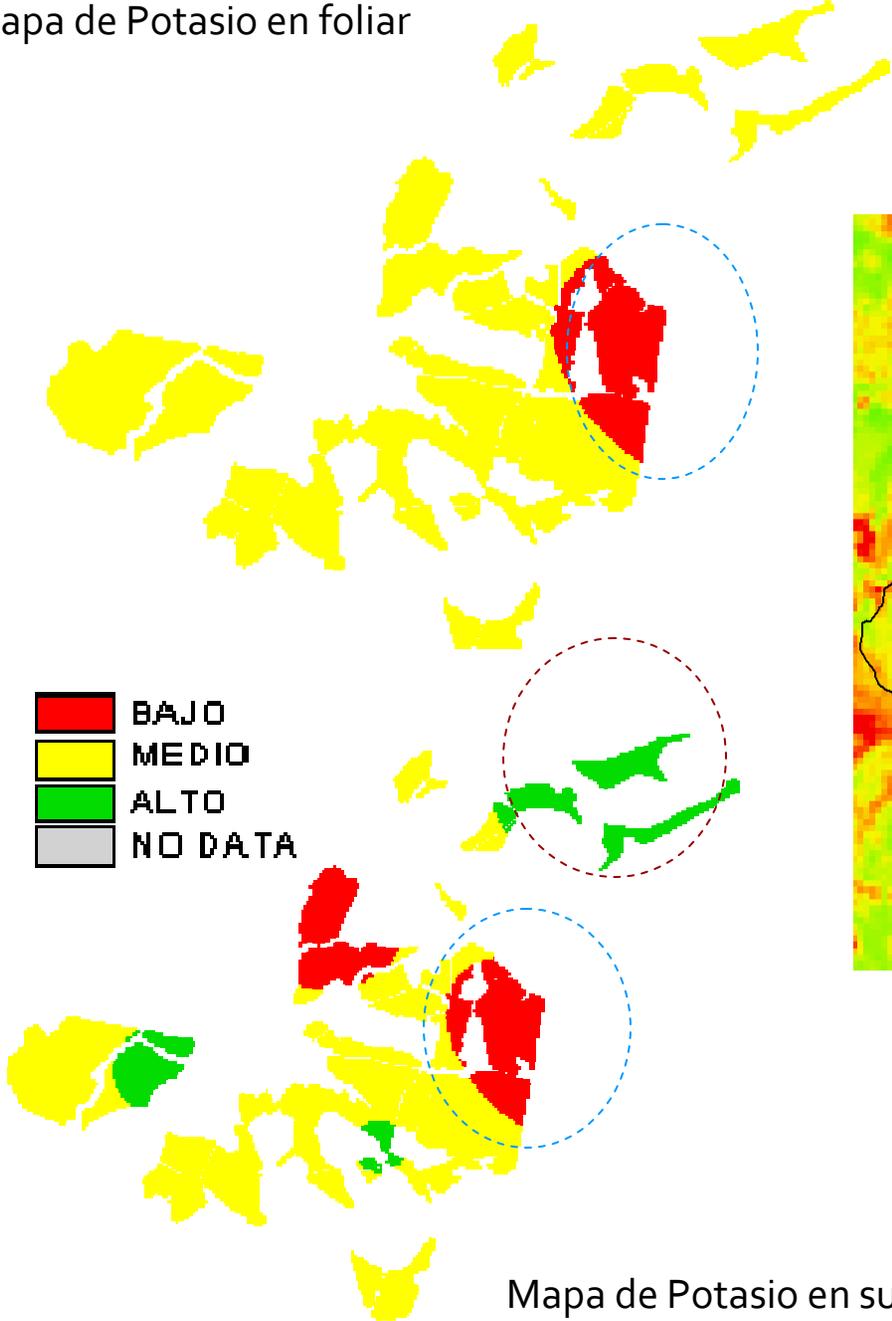
NDVI, Hacienda 2



Mapa de Rendimiento, Hacienda 2



Mapa de Potasio en foliar



NDVI, Hacienda 2



Mapa de Potasio en suelo

Para que se ha hecho?

- **Propuesta Técnica**

Basada en las conclusiones encontradas en los diferentes análisis realizados:

- Definición de formulaciones diferenciadas
- Determinación de áreas de seguimiento nutricional
- Monitoreo del cultivo durante el ciclo completo
- Asesoría personalizada
- Capacitación a clientes

Optimizar
recursos



Cultivos donde se esta aplicando esta tecnología:

- Caña de azúcar
- Café
- Banano
- Arroz
- Cítricos

Confianza que da los mejores frutos

Conclusiones

- Esta nueva tecnología representa un estímulo en el modo de hacer agricultura.
- El primer paso que se debe dar para desarrollar estrategias sostenibles es identificar los factores causantes de la variabilidad espacial de la producción, de modo que se puedan adoptar técnicas culturales específicas para cada una de las áreas uniformes

Conclusiones

- La tecnología puesta al servicio de la agricultura contribuye a aumentar el beneficio de la explotaciones, ya sea mediante la reducción de los costos o el aumento de la producción por unidad de superficie.
- La agricultura de precisión puede mejorar las operaciones del cultivo realizadas por quienes la adopten, haciendo coincidir la aplicación de productos con la necesidad del suelo y de la planta cultivada.



Gracias por su atención

M.Sc. Ing. Maxi Riveros

Confianza que da los mejores frutos