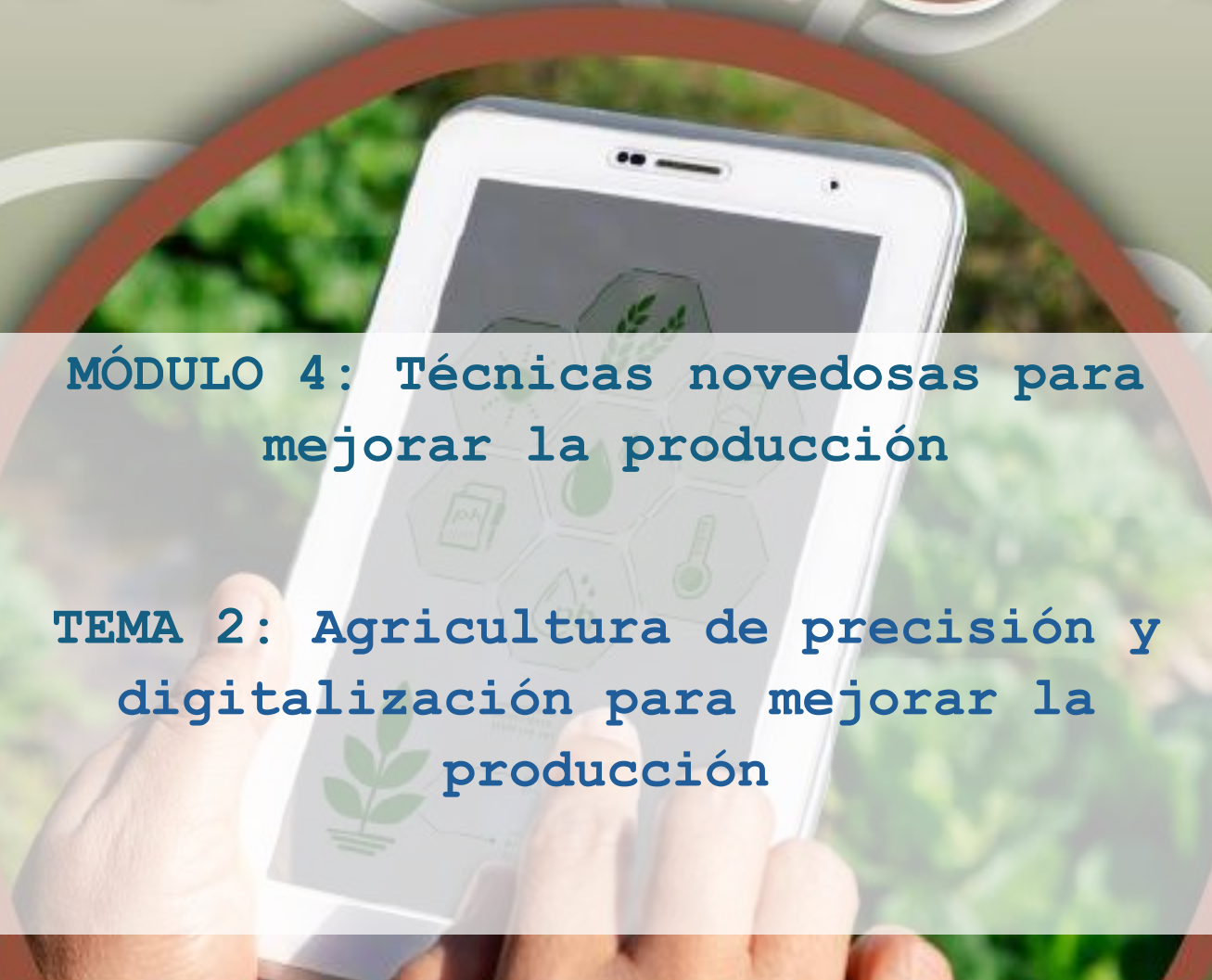


DIPLOMADO

Tecnologías para Mejorar la Producción y
Productividad Agropecuaria

TecnoAgro



**MÓDULO 4: Técnicas novedosas para
mejorar la producción**

**TEMA 2: Agricultura de precisión y
digitalización para mejorar la
producción**

Contenido

Página

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	DESARROLLO	3
2.1	<i>Ecosistema digital agrícola</i>	3
2.2	<i>Monitoreo aéreo (imágenes satelitales)</i>	5
2.3	<i>Sensores del suelo (humedad/tensión y variables edáficas para decisión)</i> ...	6
2.4	<i>Plataforma digitales - Nicafe</i>	7
III.	Preguntas orientadoras	9
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión ha emergido como una respuesta estratégica frente a los desafíos actuales del sector agropecuario, caracterizados por la variabilidad climática, la degradación de los recursos naturales y la necesidad de optimizar la productividad en sistemas de pequeña y mediana escala. En el contexto de Nicaragua, donde el café representa un rubro clave tanto económico como social, la incorporación de herramientas digitales se convierte en un factor determinante para mejorar la eficiencia productiva y la sostenibilidad de los sistemas cafetaleros.



El enfoque de agricultura de precisión digital se basa en el uso integrado de tecnologías como sensores, plataformas móviles, sistemas de monitoreo remoto y análisis de datos en tiempo real, permitiendo gestionar la variabilidad espacial y temporal de los cultivos. Este paradigma rompe con los métodos tradicionales basados en la experiencia empírica, promoviendo una toma de decisiones más informada, oportuna y específica para cada unidad productiva, bajo el principio de "hacer más con menos", tal como lo plantea el ecosistema agrícola digital.



En el caso específico de NICAFFE, la digitalización del cultivo de café no solo permite mejorar el control agronómico del sistema productivo, sino también optimizar el uso de insumos como el agua, fertilizantes y mano de obra. Herramientas como drones para monitoreo

aéreo, sensores de humedad y tensión del suelo, junto con plataformas digitales de gestión, facilitan la identificación temprana de problemas, la evaluación de la salud del cultivo y la implementación de medidas correctivas en tiempo real.

Asimismo, la integración de estas tecnologías dentro de un ecosistema conectado contribuye no solo a incrementar la rentabilidad de las fincas cafetaleras, sino también a fortalecer su resiliencia frente al cambio climático y avanzar hacia modelos de producción más sostenibles. En este sentido, el presente documento aborda los principales componentes de la agricultura de precisión digital aplicada a NICAFE, articulando los fundamentos teóricos con experiencias prácticas desarrolladas mediante herramientas tecnológicas y recursos audiovisuales institucionales.

II. DESARROLLO

La agricultura de precisión digital aplicada al café (NICAPE) se comprende mejor como un ecosistema de herramientas conectadas que convierten datos del campo en decisiones concretas: observar la variabilidad (clima, suelo, cultivo), interpretarla con tecnologías digitales y actuar con intervenciones oportunas y específicas. Este enfoque responde a dos presiones actuales: la variabilidad climática y el límite de recursos, que hacen insuficiente el manejo empírico y obligan a reducir desperdicios para producir con eficiencia.

Dentro de las principales temáticas, tenemos:

2.1 **Ecosistema digital agrícola**

El ecosistema digital agrícola es la integración organizada de tecnologías que capturan información del cultivo y del entorno (aérea, superficial y subterránea), la procesan y la transforman en recomendaciones prácticas para el productor. En términos operativos, este ecosistema se sostiene en la conexión de tres componentes clave: visión aérea (drones e imágenes, por ejemplo NIR), gestión macro (plataformas móviles de monitoreo/gestión) y precisión micro (sensores, especialmente de suelo).

Importancia

- ✓ Permite "hacer más con menos" mediante digitalización: hoy ese principio deja de depender solo de la experiencia y se apoya en datos y monitoreo para elevar eficiencia.
- ✓ Responde a la variabilidad climática con decisiones oportunas: los eventos extremos y su variabilidad hacen que los métodos empíricos sean insuficientes; el monitoreo digital permite ajustar prácticas en el momento correcto.
- ✓ Reduce desperdicio de insumos y mejora rentabilidad: operar con recursos finitos exige eliminar desperdicio; el ecosistema digital se orienta a intervenir solo donde y cuando hace falta, mejorando la eficiencia.

- ✓ Integra biología y finanzas en tiempo real: la gestión digital moderna no solo mira "salud del cultivo", también permite comparar rentabilidad y estimar costos/ingresos por temporada con mapas y seguimiento continuo.

Recomendaciones prácticas:

- Iniciar por una arquitectura simple del ecosistema (3 pilares):

Visión aérea para identificar variabilidad y zonas problema.

Plataforma móvil como "centro de mando" para registrar y comparar resultados por área/lote.

Sensores de suelo para ajustar decisiones de riego/agua con precisión

- Definir qué decisiones se quieren mejorar antes de comprar tecnología (ej.: priorización de renovación, nutrición por zonas, alertas tempranas de estrés): el valor del ecosistema está en la integración fluida de datos para garantizar rentabilidad, no en una herramienta aislada.
- Adoptar monitoreo por ciclos y alertas (no solo "visitas al ojo"): usar el enfoque de monitoreo y notificación de cambios durante la temporada para intervenir en el momento adecuado, tal como plantean las plataformas móviles del ecosistema digital.
- Medir indicadores biológicos con herramientas adecuadas: cuando se trate de agua/estrés hídrico, priorizar variables con sentido fisiológico (por ejemplo, mediciones asociadas a disponibilidad real para la planta), ya que el objetivo es sostener fotosíntesis y transpiración óptimas, lo cual se relaciona directamente con rendimiento y calidad.

2.2 Monitoreo aéreo (imágenes satelitales)



El monitoreo aéreo mediante imágenes satelitales es una práctica central de la agricultura de precisión digital cuando se requiere observar grandes áreas de cultivo de forma periódica y estandarizada, sin depender de levantamientos locales. En sistemas cafetaleros como NICAPE, las imágenes satelitales permiten detectar variabilidad (zonas con diferente vigor, estrés hídrico, afectaciones por enfermedades o cambios en cobertura) y dar seguimiento temporal al cultivo, convirtiendo la “visión aérea” en información objetiva para orientar decisiones agronómicas.

Importancia

- ✓ Cobertura sistemática y repetitiva para seguimiento del cultivo: Misiones como Sentinel-2 entregan imágenes multiespectrales con revisitación aproximada de 5 días (constelación) y resolución de 10 m / 20 m / 60 m, lo que permite monitorear cambios relativamente rápidos en vegetación a escala de finca o micro-zona.
- ✓ Monitoreo del vigor y salud vegetal con índices espectrales: El índice NDVI cuantifica “verdor”/vigor de la vegetación y es útil para evaluar densidad y cambios en la salud del cultivo; se calcula como $(NIR - Rojo) / (NIR + Rojo)$, lo que facilita comparar condiciones entre fechas y entre sectores de la finca.
- ✓ Base para mapas de salud y alertas tempranas: El enfoque de “mapas de salud infrarrojos/automatizados” y monitoreo continuo es precisamente lo que permite pasar de inspecciones reactivas a detección temprana y

priorización de recorridos en campo (primero “ver desde arriba” y luego verificar).

Recomendaciones prácticas:

- ✓ Elegir el satélite según objetivo y escala.
- ✓ rabajar con productos “listos para análisis”.
- ✓ Convertir imágenes en decisiones operativas.

2.3 Sensores del suelo (humedad/tensión y variables edáficas para decisión)



En agricultura de precisión digital, los sensores del suelo constituyen la “inteligencia subterránea” del sistema productivo: permiten escuchar la zona radicular y convertir el estado hídrico del suelo en datos continuos para decidir oportunamente. En lugar de depender de suposiciones (calendarios fijos o “prueba con la mano”), el monitoreo con sensores facilita anticipar necesidades hídricas y ajustar el manejo con base en mediciones objetivas, reduciendo pérdidas por exceso o déficit de agua.

Importancia:

- ✓ Mide “disponibilidad real” para la planta, no solo agua presente: La tensión del suelo (también llamada potencial

mátrico) expresa la fuerza que la raíz debe vencer para extraer agua; por eso es una señal biológicamente más directa de estrés hídrico que mirar únicamente “cuánta humedad hay”.

- ✓ Diferencia entre exceso, déficit y zona óptima: En el enfoque presentado, la tensión permite identificar estados críticos: demasiado húmedo (riesgo de asfixia radicular), demasiado seco (marchitez/estrés) y una tensión ideal que favorece el desempeño fisiológico del cultivo.
- ✓ Permite programación de riego basada en criterios técnicos: La programación de riego por tensión del suelo es un método robusto para optimizar el rendimiento y la eficiencia del uso del agua; existe evidencia técnica de que el manejo por umbrales de tensión mejora productividad y reduce impactos como lixiviación por sobre-riego.

Recomendaciones prácticas:

- ✓ Definir qué variable del suelo se usará para decidir.
- ✓ Seleccionar el tipo de sensor adecuado (criterio técnico + operativo).
- ✓ Ubicación estratégica: instalar donde “decides”, no donde “conviene”.
- ✓ Pasar de lectura a acción: reglas operativas simples.
- ✓ Integración al ecosistema digital.

2.4 Plataforma digitales - Nicafe

Las plataformas digitales son el componente de gestión macro dentro de la agricultura de precisión digital, porque concentran información, la ordenan por finca/lote y la convierten en decisiones prácticas (qué hacer, cuándo y dónde). En el caso de NICAFÉ, la plataforma se orienta específicamente al café en Nicaragua como un sistema de información meteorológica y climática especializado, que permite anticipar riesgos y planificar labores con base en datos futuros, integrando el enfoque de alerta temprana y manejo preventivo frente a la variabilidad climática.

Características de una semilla de calidad:

- ✓ Alertas tempranas para reducir riesgo climático en café: NICAfé se concibe como una plataforma de alerta temprana, es decir, provee datos previos a situaciones adversas para que el productor tome medidas preventivas y mitigue impactos del cambio climático en la caficultura.
- ✓ Planificación por etapas fenológicas y actividades de finca: la plataforma busca que el productor conozca el riesgo en distintas etapas fenológicas del cultivo y en las actividades que realiza, para decidir medidas semanales y operativas con anticipación.
- ✓ Información personalizada por finca (decisión localizada): se reporta que NICAfé se adapta a las particularidades de cada finca mediante acceso individual (usuario/contraseña), habilitando recomendaciones más ajustadas a condiciones locales (microclima/variabilidad).
- ✓ Accesibilidad y enfoque de inclusión (usuarios clave): la herramienta fue diseñada para ser intuitiva y apoyar especialmente a mujeres, líderes y emprendedoras vinculadas a la caficultura, reduciendo barreras de uso tecnológico y fortaleciendo la toma de decisiones en momentos críticos.

Recomendaciones prácticas:

- ✓ **Implementar una rutina semanal de decisión basada en pronóstico + riesgo:** Usar NICAfé para revisar condiciones climáticas del día y de los próximos días, y convertirlo en un "ciclo" fijo: revisión → evaluación de riesgo → ajuste de labores → verificación en campo. Esto responde a la lógica de intervención oportuna del ecosistema digital (decidir en el momento adecuado, no reactivo).
- ✓ **Organizar la finca por unidades de manejo y registrar acciones por unidad:** Aunque NICAfé sea principalmente climática/meteorológica, el salto de valor ocurre cuando el productor asocia sus decisiones a unidades (lotes/ambientes) y documenta: fechas de fertilización, sombra, manejo sanitario, cosecha, etc. Esto crea trazabilidad para comparar "qué funcionó" y mejorar decisiones futuras (gestión macro).

- ✓ **Usar el enfoque de "alerta temprana" para activar medidas preventivas, no correctivas:** Cuando el sistema indique riesgo (lluvias intensas, periodos secos, condiciones predisponentes), activar protocolos simples: priorizar drenajes y conservación de suelo, ajustar aplicaciones (momento), reforzar monitoreo sanitario, planificar mano de obra. La idea central es mitigar antes de que el daño ocurra.
- ✓ **Aprovechar los canales de acceso (web + móvil) para asegurar uso continuo:** La disponibilidad por web y acceso móvil facilita que técnicos y productores consulten información de forma continua; en NICAPE esto es clave para que la herramienta sea diaria/semanal y no "de evento". Consolidar el hábito de consulta mejora la adopción real.

III. Preguntas orientadoras

1. ¿De qué manera la **agricultura de precisión digital** permite gestionar la variabilidad del cultivo y producir "más con menos" mediante decisiones basadas en datos?
2. ¿Por qué los **sensores del suelo** es un indicador clave para el manejo hídrico y cómo ayuda a decidir cuándo intervenir para evitar estrés o exceso de agua en la zona radicular?
3. ¿Cómo contribuye NICAPE, como **sistema de alerta temprana**, a **reducir riesgos climáticos en el café** y a planificar medidas preventivas durante la semana?
4. ¿Cómo puede el productor **configurar y usar NICAPE** según su finca para interpretar la información climática futura y decidir qué labores ajustar (por ejemplo: manejo de sombra, fertilización, controles sanitarios o planificación de cosecha) en función del riesgo identificado?

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

European Space Agency (ESA). (s. f.). Sentinel-2: Facts and figures. París: Agencia Espacial Europea.

Material institucional. (s. f.). Agricultura de precisión: El ecosistema digital para hacer más con menos [Presentación]. Managua.

Mena, H. (2024). NICAfé: la nueva herramienta para el cultivo de café en Nicaragua. Managua: TN8 Nicaragua.

Shock, C. C., & Wang, F.-X. (2011). Soil water tension, a powerful measurement for productivity and stewardship. Alexandria, VA: HortScience (American Society for Horticultural Science).

U.S. Geological Survey (USGS). (s. f.). Landsat Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Reston, VA: Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Universidad Nacional Agraria (UNA). (s. f.). NICAfé: Sistema de información meteorológica y climática especializado en café para Nicaragua. Managua: Universidad Nacional Agraria.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



DIPLOMADO

Tecnologías para Mejorar la Producción y
Productividad Agropecuaria

TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro
TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro
TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro
TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro TecnoAgro

