Desarrollo e Implementación en IDEAM de un nuevo sistema de predicciones agroclimáticas de deficiencias y excesos hídricos para el sector agropecuario nacional en escalas locales, a partir de pronósticos climáticos estacionales

Informe final del Componente 1 – Verificación de las predicciones estacionales del IDEAM en el contexto de la agricultura y diagnóstico de necesidades del sector agropecuario

Este informe se co-desarrolló entre la firma consultora (CIAT-IRI):
Carmen González Romero, Zain Alabweh, Angel G. Muñoz, Leonardo Ordoñez, Jefferson Rodriguez, Julian Ramirez-Villegas

Y por el beneficiario (IDEAM):
Jeimmy Melo, Franklyn Ruiz

Febrero 17, 2021

Agradecimientos

El equipo de la firma consultora formada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Instituto Internacional de Clima y Sociedad (IRI) quisieran agradecer a Yolanda González, directora del IDEAM, y Hugo Saavedra, subdirector de meteorología (IDEAM) por su continuo apoyo en la ejecución del proyecto, y a Helmer Guzmán y Edinson Quintero (grupo de agroclimatología, sub-dirección de meteorología, IDEAM) por sus aportes en la revisión de versiones preliminares del documento. De igual manera, el equipo agradece el apoyo de la Corporación Andina de Fomento (CAF) y del Fondo de Prosperidad de la Embajada del Reino Unido (UK) por el apoyo financiero y administrativo. La firma consultora CIAT-IRI agradece al programa CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), al Proyecto Mundial Columbia *ACToday*, y al proyecto *Excellence in Agronomy* (EiA) por el apoyo técnico a sus científicos.

Resumen ejecutivo

El proyecto "***Desarrollo e Implementación en IDEAM de un nuevo sistema de predicciones agroclimáticas de deficiencias y excesos hídricos para el sector agropecuario nacional en escalas locales, a partir de pronósticos climáticos estacionales*****"** tiene el objetivo de co-desarrollar e implementar en IDEAM un sistema de predicción estacional y sub-estacional de exceso y déficit hídricos para Colombia, a escala local y con pronósticos hechos a la medida de la demanda del sector agropecuario, enfocados en dos cultivos priorizados (arroz secano y maíz) con énfasis en los cuatro departamentos (Córdoba, Sucre, Tolima y Meta).

Este reporte resume los resultados principales del Componente 1 del proyecto, cuyo objetivo es con el diagnóstico de la demanda concreta del sector agropecuario para los cultivos, temporadas y localidades de interés del proyecto. La co-identificación de la demanda define de modo natural las variables que deben ser evaluadas (o verificadas) en el sistema de pronóstico del IDEAM.

Se realizaron talleres en las Mesas Agroclimáticas de los departamentos de interés, con una participación de 37 productores de la zona (30% mujeres, minorías y/o grupos vulnerables), y encuestas más amplias con Mesas Agroclimáticas de otras regiones (29 encuestados, 24% mujeres, minorías y/o grupos vulnerables). Los hallazgos de estos diagnósticos sugieren que las necesidades de información climática no difieren significativamente entre los hombres y las mujeres. En el caso de Sucre y arroz, la falta de agua hasta la etapa de floración fue la principal amenaza para los agricultores. A partir de la etapa de la floración, tanto la falta de agua como la amenaza de inundaciones se presentan como las principales amenazas.

Por su parte, la evaluación del sistema de pronósticos del IDEAM sugiere que para Marzo-Abril-Mayo (MAM) y Abril-Mayo-Junio (AMJ), se tiene capacidad predictiva útil para la toma de decisiones --tanto en asociación de los pronósticos y observaciones, como en discriminación-- con el sistema NextGen actual del IDEAM (que pronostica precipitación total, no extremos) en los departamentos de Córdoba, Sucre y Tolima. La capacidad predictiva tiende a ser mayor en el trimestre AMJ que en MAM, generalmente hablando.

Aspectos administrativos, gerenciales, y de ejecución del proyecto

En esta sección se resumen los aspectos administrativos, gerenciales y de ejecución del proyecto, incluyendo el cronograma de trabajo acordado con CAF, IDEAM, y la Embajada Británica; los tipos y frecuencias de reuniones; y la metodología de transferencia de capacidades con el IDEAM.

1.1 Tipos y frecuencia de reuniones de ejecución del proyecto

Para lograr un adecuado manejo del proyecto, incluyendo el fortalecimiento de capacidades del IDEAM, se acordaron tres tipos de reuniones de seguimiento, a saber

1. *Las reuniones gerenciales.* Estas reuniones tienen el propósito de hacer seguimiento al proyecto e identificar puntos críticos y acciones necesarias para garantizar la coordinación y ejecución. Estas cuentan con al menos: un representante del proyecto (el Director, Julian Ramirez Villegas); dos representantes del beneficiario –IDEAM (Hugo Saavedra y/o Helmer Guzmán por la parte técnica, y Andrés Marmolejo de la oficina de cooperación); un representante de CAF (Miguel Arango, punto de contacto para este proyecto en la CAF); y un representante de la Embajada Británica (Pedro Castro). Estas reuniones se realizan con una frecuencia de cada dos semanas. Cada participante está en la libertad de invitar a otros miembros de su equipo si estima que la reunión lo requiere.
2. *Las reuniones técnicas de ejecución del proyecto*. Estas se realizan con una frecuencia variable entre los equipos técnicos de cada institución, y tienen como objetivo avanzar en la ejecución de acciones colaborativas entre la firma consultora y los demás actores del proyecto. Los participantes de estas reuniones dependen del propósito de la reunión.
3. *Las reuniones con alta gerencia del IDEAM.* Estas reuniones tienen el objetivo de darle visibilidad al progreso y alcances del con la alta gerencia del IDEAM. Estas cuentan con la participación del Director del proyecto (Julian Ramirez Villegas); un representante técnico del IDEAM (Helmer Guzmán); el sub-Director de Meteorología (Hugo Saavedra); la oficina de cooperación del IDEAM (Andrés Marmolejo); la Directora del IDEAM (Yolanda Gonzalez); y un representante de CAF (Miguel Arango). La frecuencia de estas reuniones es trimestral.

1.2 Cronograma de trabajo

Tal como se acordó y se estipula en las actividades, la primera actividad del proyecto consistió en la elaboración del cronograma de trabajo. Dicho cronograma se desarrolló por la firma consultora (CIAT-IRI) en constante discusión y retroalimentación durante sesiones de trabajo, así como durante algunas reuniones gerenciales y discusiones internas. El cronograma final acordado por todas las partes se presenta en el Anexo A.

1.3 Metodología de transferencia de capacidades al IDEAM

La metodología de asistencia y transferencia técnica continua del proyecto al personal del IDEAM busca fortalecer al IDEAM en tres áreas, a saber:

1. *Disponibilidad de herramientas*: al contar el instituto con el nuevo sistema de déficits y excesos, esto implicará una mejor capacidad técnica para gestionar dichos eventos y satisfacer las demandas de información de usuarios con especial énfasis en el sector agropecuario.
2. *Capacidad técnica del personal*: en la ejecución del proyecto se seguirá el principio básico de "fortalecer, no reemplazar". Esto significa que el personal del IDEAM estará en todo momento involucrado las decisiones sobre el sistema, y participando en cada paso de su desarrollo. Esta constante interacción va a resultar en que el personal del IDEAM, incluyendo mujeres, desarrolle su conocimiento sobre la estimación de déficits y excesos hídricos, y emplee con destreza los scripts y metodologías para su cálculo.
3. *Visibilidad y colaboración*: la tercera área de fortalecimiento del IDEAM está relacionada con el posicionamiento. El proyecto facilitará la interacción entre gremios productivos y el IDEAM, lo que generará las conexiones necesarias alrededor de la predicción de déficits y excesos y el uso de esta información para la toma de decisiones. Como resultado de estas interacciones, el IDEAM estará posicionado estratégicamente para satisfacer la demanda de usuarios, y recibir retroalimentación constante de los gremios.

En el área (1) (*disponibilidad de herramientas*), como resultado del Componente 1 de este proyecto, el IDEAM cuenta con una serie de librerías en Python que les permiten la verificación y evaluación cuantitativa continua del sistema NextGen de precipitación (sistema actual, evaluado en la Sección 4).

En el área (2) (*capacidad técnica del personal*), con el equipo de modelamiento la capacitación se realizaron constantes discusiones a través de sesiones virtuales (mediante Zoom) de acuerdo a las necesidades del equipo y del proyecto. Dichas interacciones han sido tan detalladas y profundas que le han permitido al IDEAM (Jeimmy Melo, Franklyn Ruiz) generar los resultados que se presentan en la Sección 4. Adicionalmente, se realizó una reunión de cierre del

Componente 1 con todos los actores del proyecto, en la cual Jeimmy Melo y Franklyn Ruiz dieron cuenta del progreso en la evaluación del sistema NextGen, y claramente tomaron el liderazgo explicando los resultados (en conjunto con el equipo de la firma consultora) y realizando las aclaraciones que fuesen necesarias. En esta área, como parte del Componente 2, se realizará un seminario (fecha por definir) para presentar la evaluación de índices. Este seminario se llevará a cabo conjuntamente por el IDEAM y la firma consultora.

En el área (3) (visibilidad y colaboración) el proyecto ha logrado firmar acuerdos con Fedearroz y Fenalce para la validación en campo de las predicciones (Componente 3), y ha establecido un grupo de trabajo para tal fin que incluye al grupo de agrometeorología del IDEAM (Helmer Guzmán, Edinson Quintero).

Resultados del diagnóstico de requerimientos de información local

2.1 Diagnóstico de requerimientos de información local

Para realizar el diagnóstico de los requerimientos de información local, el grupo de trabajo CIAT-IRI realizó en noviembre dos talleres con grupos focales de agricultores y miembros de los gremios Fedearroz y Fenalce, y analizó los datos resultantes de la implementación de la herramienta de monitoreo y evaluación de las MTA, actividad liderada por FAOCO-IDEAM. Adicionalmente, se obtuvo información de fuentes secundarias como el tercer Censo Nacional Agropecuario (2014), el boletín de Mujeres rurales en Colombia (DANE, 2020) y reportes provenientes del Observatorio Colombiano de las Mujeres (2020). Gracias a estas fuentes se pudo hacer una primera caracterización y diagnóstico de las necesidades primarias de información climática para los agricultores de maíz y arroz de los departamentos de Córdoba, Sucre y Tolima, y evaluar algunas particularidades relevantes para los grupos más vulnerables como son las mujeres y grupos étnicos e indígenas de dichos departamentos.

Los días 3 y 4 de noviembre de 2021, se celebraron las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA) de los departamentos de Sucre (San Marcos) y Córdoba (Cereté), donde se realizaron las siguientes actividades:

- Socialización del proyecto NextGen Déficits y Excesos – CAF- IDEAM,
- Un taller de identificación de eventos de déficits y excesos hídricos experimentados por los agricultores, en el que mediante notas adhesivas (post-it) los participantes describieron los eventos que afectan sus cultivos y los ubicaron sobre posters con las etapas de desarrollo de los cultivos. Esta actividad permitió la caracterización de los eventos de déficits y excesos hídricos, su duración y efecto, y la relación de estos evento con las actividades de manejo del cultivo,
- Una encuesta guiada, compuesta por la caracterización de la población y su uso de información agroclimática.

En estos talleres participaron un total de 37 productores de los departamentos de Sucre (23) y Córdoba (14), de los cuales 11 eran mujeres (8 de Sucre y 3 de Córdoba). Según estos grupos focales, en Córdoba, donde el principal cultivo es el maíz, las necesidades climáticas se definen en relación a las amenazas de exceso de agua y sequía en todas las etapas fenológicas del cultivo.

En términos generales, éstas no difieren entre los hombres y las mujeres. La principal diferencia es la referencia por parte de las mujeres a animales como fuente de amenazas para el cultivo, además del clima. En el caso de Sucre y arroz, la falta de agua hasta la etapa de floración fue la principal amenaza para los agricultores. A partir de la etapa de la floración, tanto la falta de agua como la amenaza de inundaciones se presentan como las principales amenazas. No se encuentran diferencias por género ni etnia.

El grupo de trabajo CIAT-IRI también utilizó como insumo para el análisis de las necesidades de información climática los resultados de las encuestas de monitoreo y evaluación de las MTA para identificar las necesidades de información climática. Los resultados de esta herramienta están limitados por el número de respuestas: 9 respuestas en Tolima (2 mujeres), 9 en Córdoba (2 mujeres, 1 indígena y 1 afrocolombiano) y 11 en Sucre. El departamento Meta no dispone de una MTA, por lo que no se incluye información al respecto. Para los departamentos de Córdoba y Sucre, las necesidades de información climática no difieren de las identificadas en los talleres de noviembre. Para el departamento de Tolima, no todos los encuestados reportan cultivar maíz (6 de 9). En cuanto a las principales amenazas climáticas para el cultivo identificadas por los asistentes a la MTA se encuentran los cambios en las características de la precipitación (intensidad, fechas de lluvia y distribución) y la sequía/veranillo (Figuras 1–2).

Según el tercer Censo Nacional Agropecuario, existen 499 mil mujeres productoras en todo el país, lo cual representa el 26% de la población de estudio de las Unidades Productoras Agropecuarias (UPA) en Colombia. En su mayoría, tienen menos de 5 ha (78.4%). En cuanto a los departamentos con mayor representación de mujeres productoras Tolima se encuentra en el puesto número 7 del país (4.9% del total de las UPA), Córdoba se encuentra en el puesto 9 (con 3%), Sucre en el 17 (1.2% del total de las UPA) y Meta en el 16 (1.3%). Según el censo, el 12.8% de las mujeres residentes[1] del área rural censada en Colombia no sabe leer ni escribir. Por departamentos, el porcentaje de alfabetización en Sucre llega al 18.9%, 18.8% en Córdoba, Tolima al 11% y Meta 7.7%.

La proporción de UPA en la que las mujeres productoras residentes que toman decisiones de producción en el área rural dispersa censada en territorio de grupos étnicos es marginalmente mayor que en el total de UPA (28%). Sin embargo, la distribución de mujeres pertenecientes a grupos étnicos, indígenas y afrocolombianos presente en los departamentos de interés es insignificante. En Tolima hay menos del 1%, un 1.1% en Meta y un 2% en Sucre, y es ligeramente más relevante en Córdoba con un 6%. En su mayoría, la producción agropecuaria tiene carácter de autoconsumo. El 25,8% de las mujeres mayores de 15 años que se auto-reconocieron como

[1] Mayores de 15 años

indígenas declararon no saber leer ni escribir. Esta proporción fue del 14,9% para las mujeres que se auto-reconocen como como negras, afrocolombianas y palenqueras, y del 6,6% para las que se auto-reconocieron como raizales.

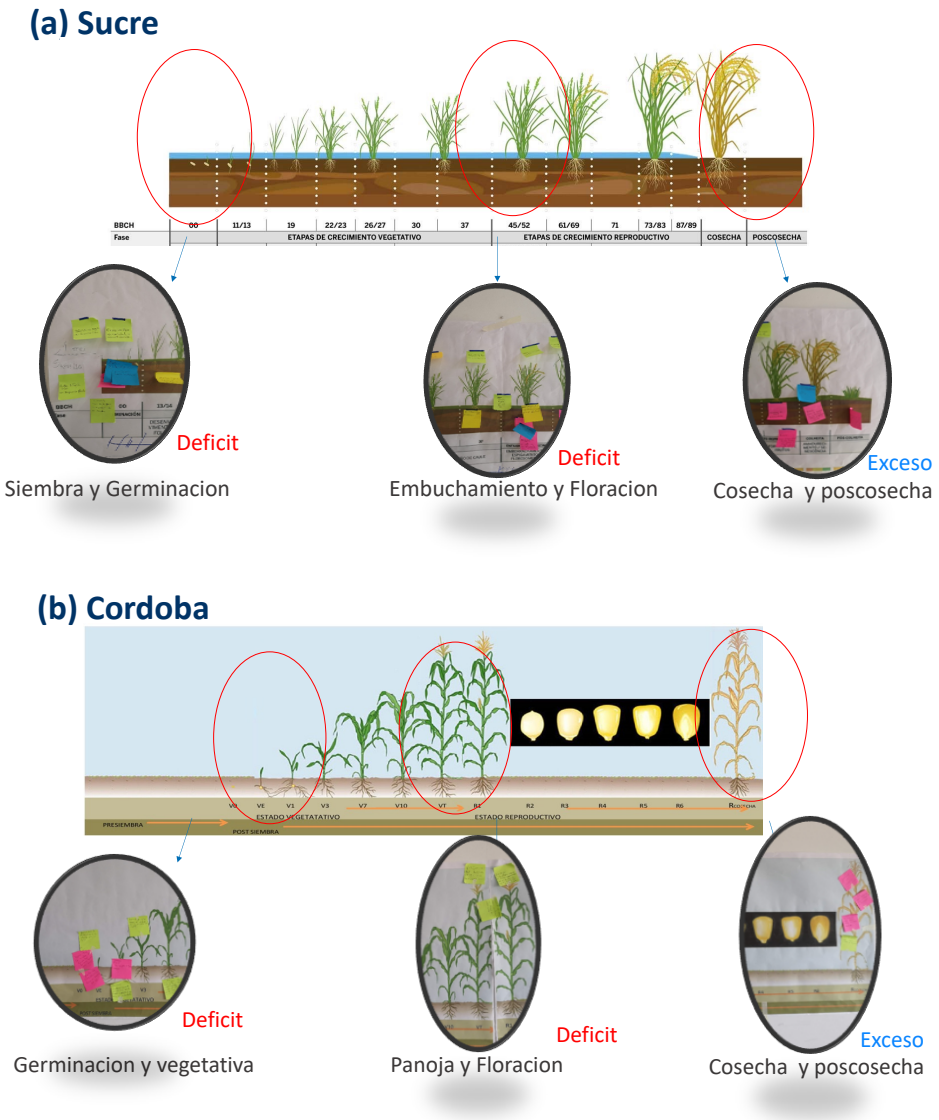

Figura 1 Momentos durante los que los déficits y excesos hídricos afectan los cultivos de (a) arroz en Sucre; y (b) maíz en Córdoba

Según el reporte de Mujeres Rurales en Colombia[2], en las zonas rurales la Tasa Global de Participación de las mujeres (30%) es inferior a la de los hombres en zonas rurales (70%). La mayoría de las mujeres inactivas en el mercado laboral se dedican a actividades de trabajo no remunerado. En las zonas rurales el 65,8% de las mujeres inactivas se dedican a oficios del hogar,

[2] DANE, 2020

el 26,9% se encuentran estudiando como principal actividad y el 7.9% se dedica a otras actividades no remuneradas, como cría de animales y el cultivo de huertas familiares para el consumo del hogar en zonas rurales (15.98%). Según el Observatorio Colombiano de la Mujer (2020), el 33% de las mujeres residentes en zonas rurales usan internet todos los días de la semana, mientras que el 55% de las mismas lo hacen al menos una vez a la semana. La mayoría de las mujeres rurales utilizan el Internet para tener acceso a redes sociales (75,7%).

El grupo de trabajo CIAT-IRI ha complementado la información obtenida a través de los talleres y encuestas con información secundaria para poder caracterizar demográficamente los departamentos de una forma más robusta, y analizar las mejores prácticas para intentar satisfacer y comunicar la información climática que se generará en este proyecto. En cualquier caso, es necesario resaltar la limitación de los datos de fuente primaria, y en ningún caso, dicha información puede ser entendida como generalidades aplicables a todo el departamento.

Déficits hídricos				
Evento	Etapa del cultivo afectada	Cómo ha afectado la etapa del cultivo	Duración del evento (días, semanas, meses)	Impacto del evento (pérdida económica)
Abril - mayo	Siembra	Acaros y gusanos	3 semanas	Pérdido
Junio - julio	Recolección	Pudrición del producto	4 semanas	Pérdido
Octubre	Siembra	Gusanos	3 semanas	Pérdido
Falta de lluvia	Siembra	No germinación	2 meses	
Ataque de roedores	Siembra	No nace		
Ataque de aves	Llenado de grano	Se lo comen		
Déficit	Floración	No llenado de grano	1 semana	Alto
Déficit	Germinación / emergencia	muerte de las plantas	2 semanas	Medio
Sequía	Todas	La sequía produce insuficientes costos (ingresos quizas) /	14 semanas	Alto
Déficit	Siembra	Baja población del cultivo / baja producción	1 semana	Alto
Déficit	Desarrollo	Aparición de plagas	1 mes	Alto
Déficit	Productivo	Sufrió el llenado de la mazorca	2 meses	Alto

Excesos hídricos				
Evento	Etapa del cultivo afectada	Cómo ha afectado la etapa del cultivo	Duración del evento (días, semanas, meses)	Impacto del evento (pérdida económica)
Mayo - junio	Recolección	Caida de las plantas	1 mes	Muy alto
Inundación	Vegetativa	Crecimieno de quebradas	1 noche	Medio
Exceso	Vegetativa	Hipoxia / asfixia radicular	1 semana	Medio
Exceso	Cosecha	Recolección	2 semanas	Alto

Figura 2 Tabla con el resumen completo de efectos de déficits y excesos hídricos

2.2. Información local para el análisis agroclimático

La Figura 3 presenta las localidades en las que se enfocará el trabajo de campo. La Sección 4 presenta la evaluación de los pronósticos NextGen Precipitación para los cuatro departamentos de enfoque del proyecto, y en ella se puede visualizar el desempeño del sistema en cada una de las localidades de interés. Para dicho análisis se utilizó la información de precipitación observada del conjunto de datos CHIRPS (Funk et al., 2015), así como la información de la red de estaciones del IDEAM. Ambos conjuntos de datos se encuentran disponibles para Colombia

al interior del IDEAM (beneficiario de este proyecto), y se usan de manera regular para producir el pronóstico estacional NextGen del IDEAM a nivel nacional[3].

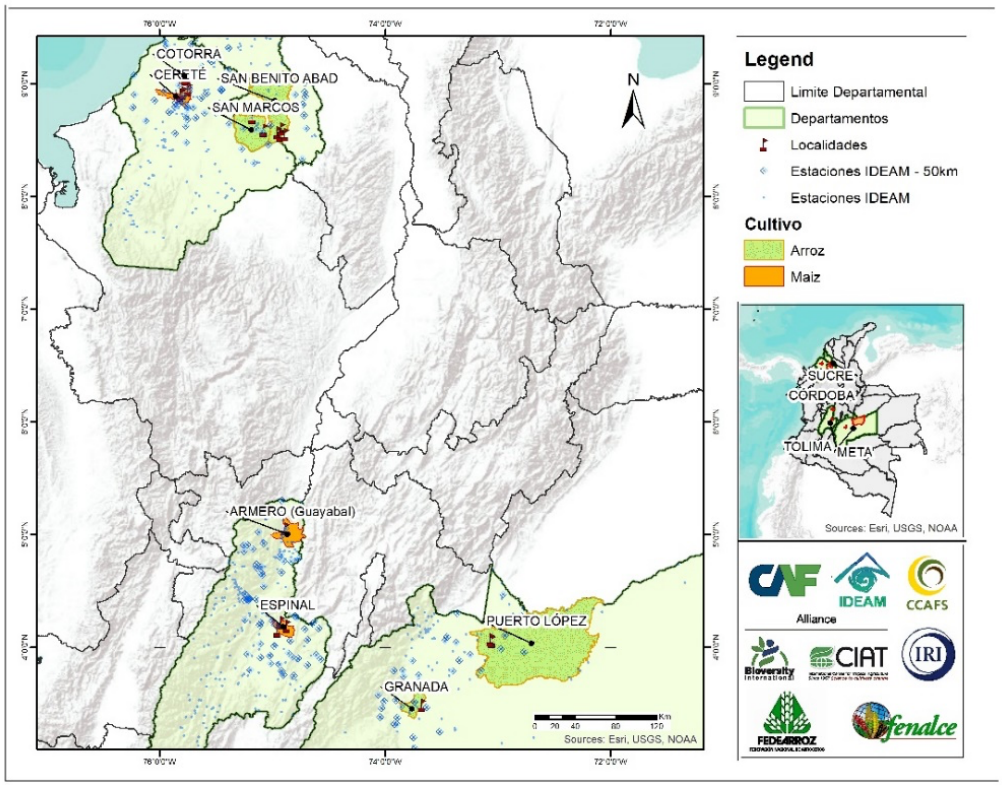

Figura 3 Mapa de localidades del proyecto

En adición a los datos de precipitación usados para la Sección 4, y que ya se encuentran en su totalidad en manos del IDEAM, el análisis agroclimático que hace parte del Componente 3 requerirá información de cultivos y suelos de cada finca monitoreada. Esta información se colectará como parte del Componente 3, de acuerdo con lo que se especifica en la Tabla 1.

Una de las estrategias para cuantificar excesos y déficits radica en el uso de modelos de cultivo. Por este motivo, adicionalmente, se ha colectado información que permita la simulación de rendimiento de arroz de secano, y de maíz para los departamentos en cuestión. La información de arroz proviene de una variedad de proyectos en arroz secano llevados a cabo por el CIAT en colaboración con Fedearroz. Un total de nueve (9) experimentos contaron con la suficiente información y se han usado para calibrar y evaluar el modelo ORYZAv3 en Villavicencio (Meta) y Yopal (Casanare) en los Llanos Orientales. La Figura 4 presenta resultados de evaluación del modelo ORYZAv3 (no se muestran los 5 experimentos que fueron usados para calibración).

[3] Este pronóstico se encuentra disponible en la *Data Library* del IRI en https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ACToday/Colombia/NextGen_Precip.html#tabs-1

Estos datos de arroz se han publicado como parte de un estudio entre el CIAT y el IRI sobre la Orinoquia Colombiana (Fernandes et al., 2020).

Tabla 1 Datos a ser colectados en cada sitio y/o finca para el análisis agroclimático del Componente 3

Variable	**Frecuencia**	**Fechas**	**Dónde**	**Instrumento / Método**
Información geográfica (latitud, longitud, altitud)	Una vez	En cualquier visita	Cada finca	GPS
Análisis de suelo (Físico y químico, 2 profundidades)	Una vez,	Desde un mes antes y hasta la siembra	En las fincas donde se establecen los sensores	Análisis de suelos laboratorio.
Humedad volumétrica del suelo	Diaria	Diario/Descarga de datos cada 2 semanas	En 4 fincas por localidad	Sensores de humedad (32 total; 4 por localidad). Cada set se maneja a 2 profundidades (20 cm, 40 cm)
Precipitación	Diaria	Diario/Descarga de datos cada 2 semanas	En 1 finca por localidad	– Pluviómetros (8 con datalogger; 16 sin datalogger).
Etapas de desarrollo	Cada visita	1: emergencia 2: vegetativas 3: reproductivas 4: cosecha	En todas las fincas	Monitoreo, observación, captura de imágenes
Biomasa*	3 veces durante el ciclo	1: vegetativa 2: floración 3: cosecha	En todas las fincas	Laboratorio
Rendimiento*	1 vez	En cosecha	En todas las fincas	Laboratorio

Para maíz, se han colectado datos de experimentos realizados en Cereté (Córdoba), El Espinal (Tolima) y Buga (Valle del Cauca) entre el 2013 y el 2014. Estos datos se han usado para la calibración y evaluación del modelo CERES-Maize. Los resultados de la calibración y evaluación se reportan en Ordonez et al. (en revisión). A manera de ejemplo se presentan los resultados de la evaluación del modelo en Cereté, para el híbrido de maíz DK234 (Figura 5).

Los parámetros, datos de entrada, y configuración de simulaciones para estos modelos de cultivos se transferirán al IDEAM como parte de las actividades de fortalecimiento de capacidades planeadas durante la evaluación de los índices y pronósticos como parte de las

actividades del Componente 3. De igual manera se hará con los datos de las fincas, en la medida que dichos datos se obtengan en campo.

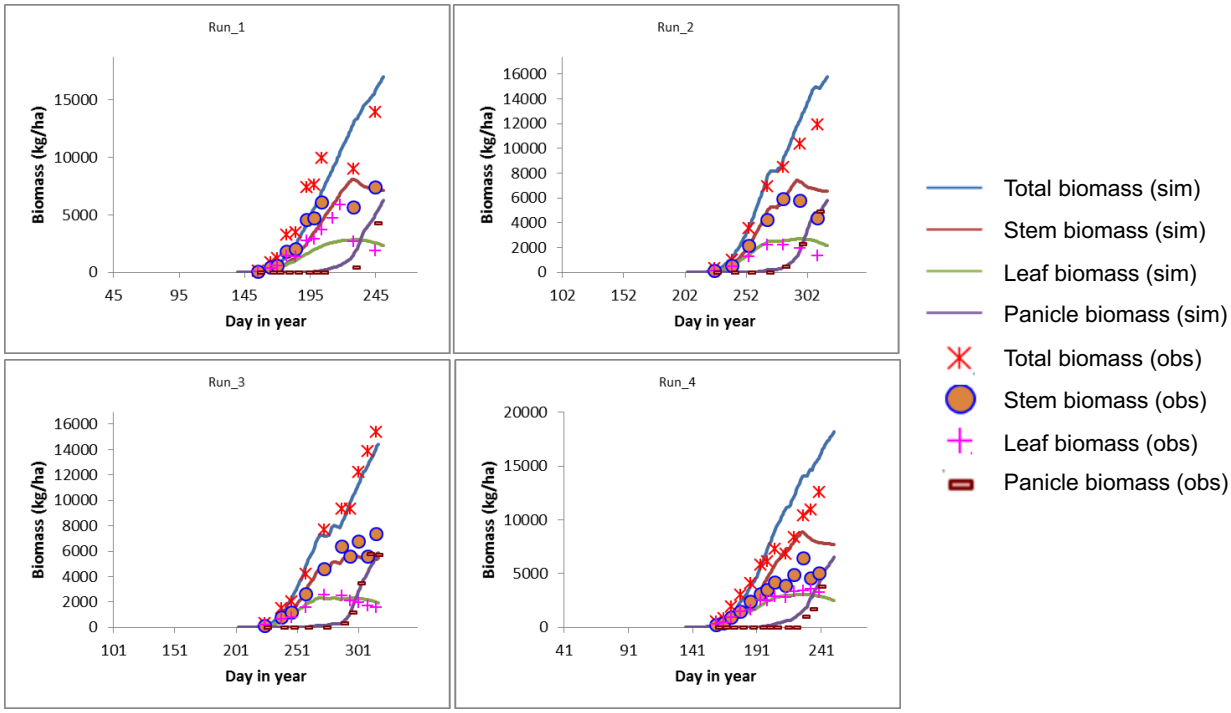

Figura 4 Dinámica de crecimiento simulada por el modelo ORYZAv3

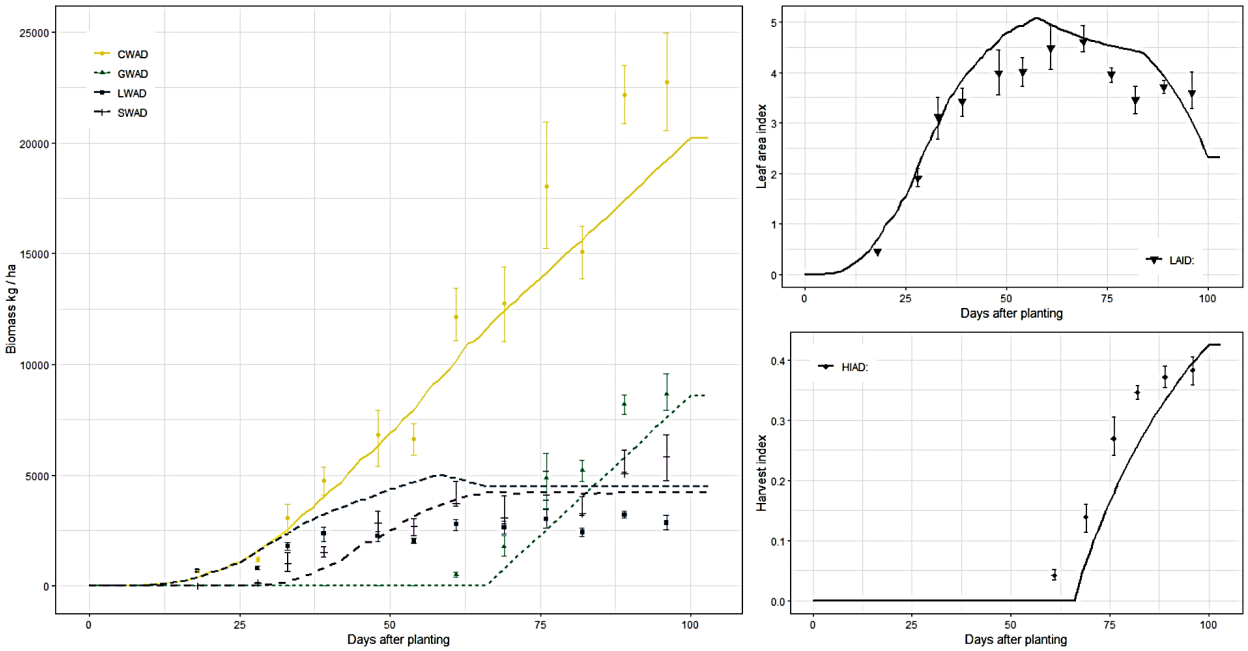

Figura 5 Biomasa, índice de área foliar (LAI), y rendimiento observados (puntos) y simulados (líneas) en el experimento de evaluación en Cereté, año 2014, híbrido DK234. Tomado de Ordonez et al. (en revisión).

Metodología de evaluación de predicciones estacionales del IDEAM (NextGen actual)

La agricultura sigue siendo uno de los mayores aportantes a la economía del país y, a su vez, una gran dependiente de las lluvias para sus sistemas de cultivos. Por ello, los sistemas de monitoreo actuales podrían beneficiarse con la inclusión de pronósticos estacionales (3-6 meses) pasando de un monitoreo agrícola a un enfoque más proactivo de pronóstico con meses de antelación. Dicho enfoque podría transformar los sistemas de monitoreo actuales a un sistema que incorpore pronósticos a escalas espacio-temporales relevantes utilizando un método objetivo y transparente para los procesos de toma de decisiones de los agricultores, contribuyendo a una mejora general en sus finanzas o su calidad de vida. Por ello, la importancia de la metodología *NextGen* (Figura 6), una metodología objetiva basada en procesos dinámico-estadísticos, que consiste en:

a. Utilizar un conjunto de modelos dinámicos para reducir la incertidumbre y tener una mejor predicción, llevando a cabo una evaluación de la capacidad predictiva de los pronósticos sin calibración de los distintos modelos de predicción estacional del ensamble del multi-modelo norteamericano (NMME), por sus siglas en inglés, en aras de identificar los mejores modelos a usar para cada temporada del año.
b. Calibrar de modo independiente cada uno de los modelos seleccionados, para así combinar y utilizar modelos estadísticamente calibrados entre los modelos y las observaciones con base en el clima histórico, de forma tal que los modelos que representan mejor el clima histórico son los modelos tenidos en cuenta para generar el ensamble NextGen y realizar las predicciones.
c. Considerar que estos modelos sean flexibles, es decir, que al usuario final se le entrega toda la función de densidad de probabilidad o PDF y no predicciones por categorías (por debajo de lo normal, cercano a lo normal o por encima de lo normal).
d. Realizar la verificación continua de los pronósticos NextGen.

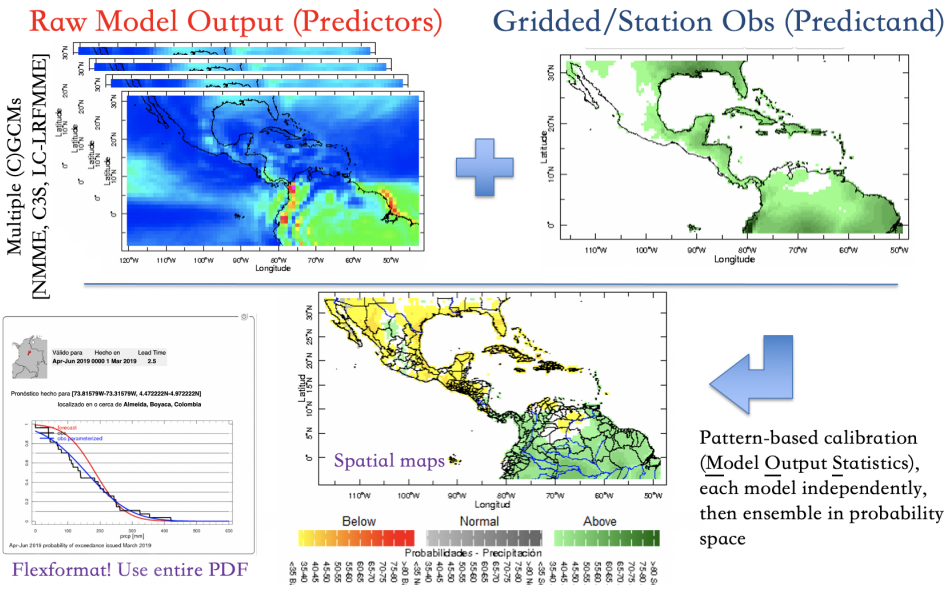

Figura 6 Resumen visual de la metodología de generación de pronósticos estacionales NextGen usada por el IDEAM.

Desde el 2019, el IDEAM genera predicciones estacionales usando la metodología NextGen. En colaboración con el IRI bajo el Proyecto Mundial Columbia *ACToday*, el IDEAM implementó su propia versión de NextGen para generar pronósticos estacionales de precipitación. Este sistema, pionero en Latinoamérica, reemplazó los anteriores procedimientos predictivos usados por el IDEAM, y se convirtió en el sistema de pronóstico estacional oficial y único a nivel nacional. Por tal motivo, en este proyecto se evaluó a nivel nacional la habilidad retrospectiva de *NextGen* con un enfoque de estadísticas de salida del modelo (MOS) para calibrar una selección de modelos climáticos dinámicos disponibles en el proyecto del Ensamble del Multi-modelo Norte Americano (*North American Multi-Model Ensemble* NMME, por sus siglas en inglés). Este proceso de evaluación permitió al IDEAM verificar que los modelos involucrados fueran capaces de representar los principales procesos físicos que conducen a la lluvia y escoger los modelos mes a mes que mejor reproducían las observaciones, ello debido a que varían dependiendo de la habilidad vista a través de múltiples métricas y valores umbrales, lo que requería para éste caso que se cumpliesen ciertos criterios tales cómo: que los valores de la correlación de Spearman para los pronósticos fueran mayores a 0.4 umbral suficiente teniendo en cuenta que es una medida de asociación lineal para sistemas no lineales como el sistema climático, y para los valores del puntaje de elección forzada de dos alternativas (2-Alternative Forced Choice, 2AFC) y las curvas de características operativas relativas en la categoría por encima de la normal (área bajo la curva ROC [*Receiving Operating Characteristic*], ROCa) mayores ambos a 60%; métricas que permiten medir no solo la asociación (o fase) entre los pronósticos y las observaciones (Spearman) sino también qué tanto el sistema de pronóstico discrimina entre las distintas categorías de predicción. Para la selección de los modelos, se realizó un trabajo con Sistemas de

Información Geográfica (SIG) que permitió determinar el área de cobertura donde los umbrales anteriormente mencionados superan o fuesen iguales al 60%; el resultado de todo este procedimiento se puede apreciar en la Tabla 2 a nivel nacional.

Tabla 2 Modelos seleccionados para el ensemble NextGen para Colombia.

MES\MODELO	CMC1-CanCM3	CMC2-CanCM4	LA-RSMAS-CCS	LA-RSMAS-CCS	GFDL-CM2p1	DL-CM2p1-aer	L-CM2p5-FLOR	L-CM2p5-FLOR	SA-GMAO-062	NASA-GMAO	NCAR-CESM1	NCEP-CFSv2	No Modelos
ENE		X		X		X		X			X	X	6
FEB	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	11
MAR			X	X			X	X	X	X	X	X	8
ABR		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11
MAY	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12
JUN	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	10
JUL	X	X		X	X		X	X	X		X	X	9
AGO	X	X		X			X	X	X		X		7
SEP		X		X	X		X	X			X		6
OCT	X	X		X	X	X	X	X	X		X		9
NOV	X	X	X	X	X	X			X	X	X		9
DIC	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	10
No Meses	8	11	6	11	9	8	9	10	10	6	12	8	108

Una vez conocida la información anterior y teniendo en cuenta las fechas adecuadas de siembra y cosecha, se determinaron las etapas fenológicas sensibles a los cambios de precipitación para luego, aplicando el mismo procedimiento que a nivel nacional, se pudieran determinar los modelos por departamentos durante los períodos Marzo-Abril-Mayo (MAM) y Abril-Mayo-Junio (AMJ) (ver Sección 4, Tabla 6).

Resultados de evaluación de las predicciones estacionales del sistema NextGen actual

La verificación de la metodología NextGen para los departamentos de Córdoba, Sucre, Tolima y Meta se realizó no sólo considerando las métricas mencionadas en la sección anterior, sino también en términos de los valores medios espaciales de dichas métricas (así como sus desviaciones estándar para indicar la incertidumbre; ver Tabla 3) y su representación espacial por medio de mapas (Figura 7).

Cómo resultado de ello, los valores de 2AFC con respecto a MAM oscilan con valores promedios entre el 53% y 63% con desviaciones estándar de +-3%, para el periodo de AMJ estos valores oscilan entre el 50% y 65% con valores similares en sus desviaciones estándar. En el caso de la correlación de Spearman, en general, los promedios no presentan una buena asociación (>=0.4) y su incertidumbre pareciera no ser muy alta; esto debido a que sus desviaciones estándar son muy cercanas a cero; excepto para Sucre donde este indicador de fase es superior a 0.4.

Tabla 3. Valores medios y la desviación estándar de las métricas indicadas, para los departamentos de Córdoba, Sucre, Tolima y Meta. A la izquierda el periodo MAM y a la derecha el periodo AMJ

Promedio 2AFC		
Departamento	Valor medio	Desviación Estándar
Córdoba	58,00706539	3,284101115
Sucre	63,01627339	1,797405485
Tolima	57,62807054	1,954098196
Meta	53,6302577	1,559871554

Promedio 2AFC		
Departamento	Valor medio	Desviación Estándar
Córdoba	60,27422595	3,091107003
Sucre	65,32083158	1,479666551
Tolima	58,78675589	2,367583177
Meta	50,83952841	2,565490269

Promedio Correlación Spearman		
Departamento	Valor medio	Desviación Estándar
Córdoba	0,230938023	0,093350162
Sucre	0,373427785	0,050407727
Tolima	0,21581067	0,055155304
Meta	0,102694268	0,045913533

Promedio Correlación Spearman		
Departamento	Valor medio	Desviación Estándar
Córdoba	0,294853759	0,088373962
Sucre	0,440119666	0,042073149
Tolima	0,24855107	0,065290564
Meta	0,026297577	0,075232975

Con la metodología utilizada a nivel nacional pero aplicada a los departamentos y la mejor selección de los modelos para las áreas de interés.

Para el trimestre MAM, en general, los departamentos de Córdoba y Meta no presentan áreas de cobertura superiores al 60% tanto para el indicador de asociación como para el indicador de discriminación. Los resultados indican que para Sucre existe una buena asociación entre lo

observado con lo estimado por los modelos, mientras que para Tolima, los modelos discriminan mejor las categorías de predicción, tal como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4 Área de cobertura (expresada en porcentaje sobre el área total del departamento) que cumple con correlaciones de Spearman >=0.4 y 2AFC >=60% para los departamentos de Córdoba, Sucre, Tolima y Meta para el trimestre MAM.

	INDICE 2AFC			
MODELO	CORDOBA	SUCRE	TOLIMA	META
CMC1	36,16	68,66	10,47	0,89
CMC2	55,89	82,73	0,28	2,81
COLA-RSMAS-CCM3	4,68	58,04	37,82	35,12
COLA-RSMAS-CCM4	28,44	91,15	26,79	56,87
GFDL-CM2p1	22,18	93,02	0,01	13,30
GFDL-CM2p1-AER04	18,19	30,01	0,03	17,10
GFDL-CM2P5-FLOR-A06	42,35	87,19	53,90	9,94
GFDL-CM2P5-FLOR-b01	39,17	95,46	56,22	4,83
NASA-GMAO	11,79	20,39	8,92	12,88
NASA-GMAO-062012	84,20	92,10	92,16	4,98
NCAR-CESM1	47,11	10,01	23,58	20,99
NCEP-CFSv2	29,22	98,93	92,34	1,52

	CORRELACIÓN SPEARMAN			
MODELO	CORDOBA	SUCRE	TOLIMA	META
CMC1	5,03	40,35	0,04	0,02
CMC2	32,18	50,31	100,00	0,17
COLA-RSMAS-CCM3	0,50	6,80	18,51	8,83
COLA-RSMAS-CCM4	9,04	40,38	6,31	21,38
GFDL-CM2p1	32,33	38,59	0,68	1,15
GFDL-CM2p1-AER04	5,94	2,11	100,00	80,77
GFDL-CM2P5-FLOR-A06	22,20	60,67	22,41	0,64
GFDL-CM2P5-FLOR-b01	20,86	46,80	22,51	0,07
NASA-GMAO	0,07	6,78	48,42	4,27
NASA-GMAO-062012	36,36	53,82	73,46	0,06
NCAR-CESM1	16,22	87,51	5,84	4,42
NCEP-CFSv2	19,07	91,39	65,83	3,02

Para el trimestre AMJ, los resultados muestran que hay áreas de cobertura con cierta habilidad de asociación y de discriminación entre el modelo y las observaciones para los departamentos de Sucre y Tolima. En el caso de Córdoba, algunos de los modelos del NMME presentan áreas de cobertura con buenos valores de 2AFC (>=60%) mientras que en el Meta no hay habilidad en los modelos para simular la precipitación en este departamento.

Tabla 5 Área de cobertura (expresada en porcentaje sobre el área total del departamento) que cumple con correlaciones de Spearman >=0.4 y 2AFC >=60% para los departamentos de Córdoba, Sucre, Tolima y Meta para el trimestre AMJ.

	INDICE 2AFC			
MODELO	CORDOBA	SUCRE	TOLIMA	META
CMC1	45,87	36,94	100,12	12,63
CMC2	48,25	88,87	11,45	5,96
COLA-RSMAS-CCM3	54,43	100,00	70,70	14,33
COLA-RSMAS-CCM4	54,25	86,61	61,50	0,91
GFDL-CM2p1	51,29	79,89	28,63	8,99
GFDL-CM2p1-AER04	77,82	91,48	8,87	0,01
GFDL-CM2P5-FLOR-A06	41,40	97,79	73,74	16,38
GFDL-CM2P5-FLOR-b01	77,47	99,96	85,91	4,87
NASA-GMAO	21,73	90,14	98,08	24,44
NASA-GMAO-062012	94,72	10,02	94,78	6,39
NCAR-CESM1	22,15	71,92	21,09	4,52
NCEP-CFSv2	28,66	10,01	40,47	9,91

	CORRELACIÓN SPEARMAN			
MODELO	CORDOBA	SUCRE	TOLIMA	META
CMC1	19,72	56,02	100,00	2,99
CMC2	21,74	65,55	0,21	1,14
COLA-RSMAS-CCM3	37,92	98,63	54,87	4,87
COLA-RSMAS-CCM4	21,07	40,19	19,48	10,01
GFDL-CM2p1	17,41	37,57	7,06	1,16
GFDL-CM2p1-AER04	44,00	58,27	0,47	10,01
GFDL-CM2P5-FLOR-A06	57,03	82,58	19,98	4,50
GFDL-CM2P5-FLOR-b01	45,72	83,41	46,23	1,74
NASA-GMAO	4,82	73,47	79,44	12,10
NASA-GMAO-062012	71,97	99,41	74,74	2,93
NCAR-CESM1	2,36	17,48	1,47	0,11
NCEP-CFSv2	19,07	51,30	9,58	3,02

En los departamentos donde los modelos no presentan ninguna habilidad para reproducir la precipitación, el IDEAM recomienda utilizar el conjunto de todos los modelos del ensamble ya

que como se ha citado en varias publicaciones científicas, el promedio de todos los modelos, ponderado o no, es la mejor predicción.

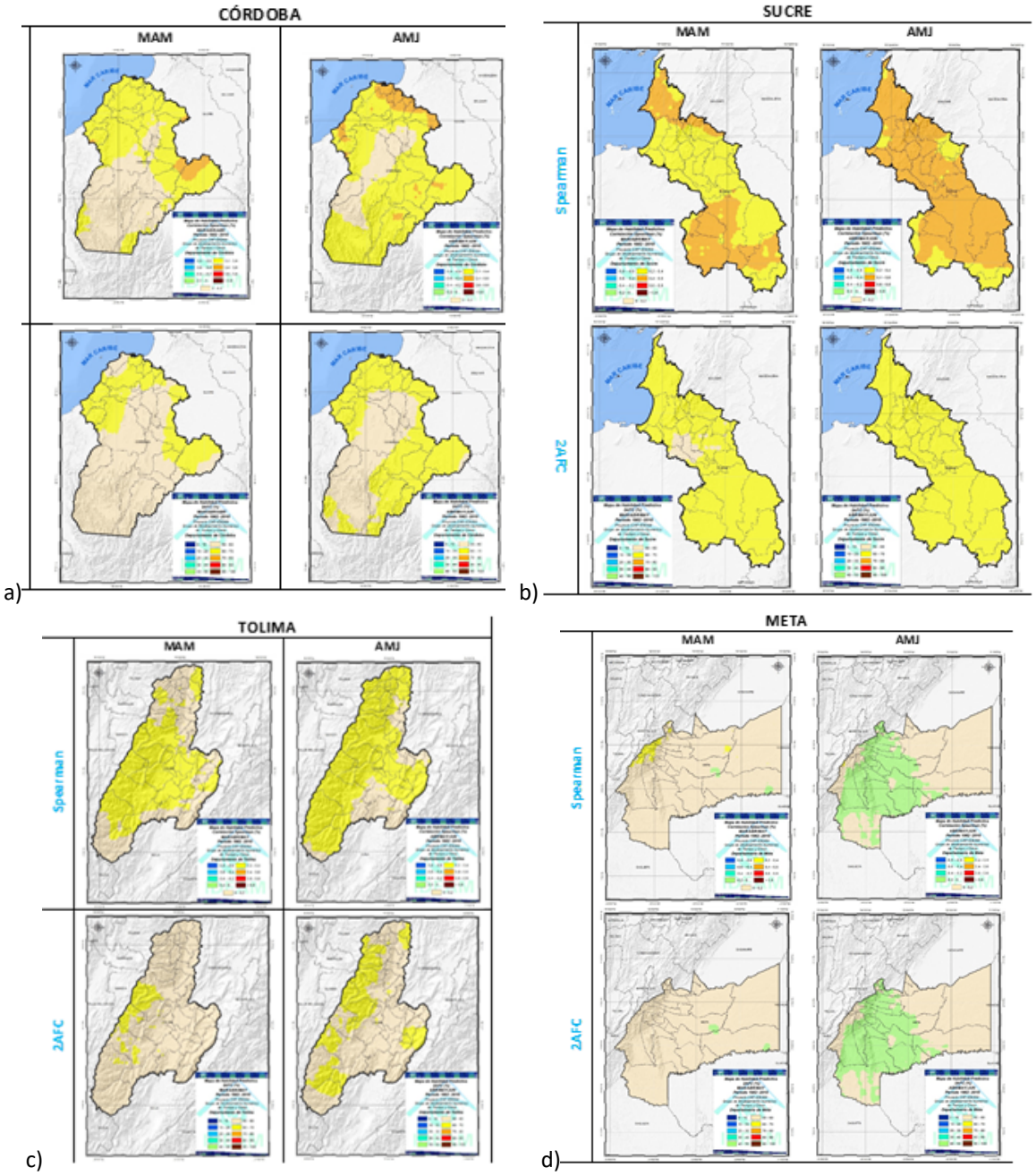

Figura 7 Capacidad predictiva actual, para MAM y AMJ, del sistema NextGen de precipitación media del IDEAM. Se presentan las métricas de validación de Spearman (asociación), y 2AFC para los departamentos de Córdoba (a), Sucre (b), Tolima (c) y Meta (d).

De acuerdo con los resultados obtenidos en términos de promedios espaciales para Marzo-Abril-Mayo (MAM) y Abril-Mayo-Junio (AMJ), se tiene capacidad predictiva útil para la toma de

decisiones --tanto en asociación de los pronósticos y observaciones, como en discriminación-- con el sistema NextGen actual del IDEAM (que pronostica precipitación total, no extremos) en los departamentos de Córdoba, Sucre y Tolima. La capacidad predictiva tiende a ser mayor en el trimestre AMJ que en MAM, generalmente hablando.

Un análisis más detallado espacialmente, muestra que para el departamento de Córdoba las correlaciones de Spearman son aceptables al oriente del departamento (municipios Pueblo Nuevo y Ayapel) para MAM y al norte (municipios de San Antero, Purísima, Momil, San Andrés de Sotavento, Chima, Chinú y norte de Lorica) para AMJ. En el caso de Sucre, esto sucede al norte (municipios de San Onofre, Ovejas norte de Chalán, Coloso y Tolú viejo) y al sur (municipios La Unión, Caimito, San Marcos, San Benito Abad y Majagual) del departamento para MAM y en gran parte también para AMJ. Tolima presenta esta misma situación en porciones del centro del departamento (municipios de Cajamarca, Roncesvalle, San Antonio, San Luis, Ortega, Coyaima, Chaparral, Natagaima,entre otros) para ambos periodos, pero para AMJ se extienden también hacia el norte y sur del departamento. Finalmente, para Meta, no se presentan lugares con correlaciones de Spearman significativas, es decir, los modelos no están simulando bien la fase con respecto a las observaciones.

Frente al indicador de discriminación (2AFC), las áreas que mejor representan la categoría de la predicción se ubican hacia el norte y oriente de Córdoba (municipios San Antero, Purísima, Momil, San Andrés de Sotavento, Puerto Escondido, Las Córdobas, Canalete, San Pelayo, Lorica) para el trimestre MAM extendiéndose hacia algunos sectores del sureste (municipios de Buenavista, Apartada, Montelíbano, Puerto Libertador) para AMJ. En el caso de Sucre, gran parte del departamento y para ambos periodos, es bien estimado por el conjunto de modelos. Con respecto a Tolima se observa que este indicador resuelve de mejor manera el centro-oeste del mismo para MAM extendiéndose hacia el noroeste, oriente y sur del departamento para el ciclo AMJ. Meta por su parte, no presenta buenos indicadores de discriminación para ambos periodos.

Desde el punto de vista espacial, Sucre y Tolima tienden a mostrar capacidad predictiva en un mayor número de localidades de los departamentos, seguidos por Córdoba. El departamento del Meta posee capacidad predictiva marginal y muy localizada hacia el occidente del mismo.

Con base en lo analizado anteriormente, los modelos a considerar tanto por Spearman como por 2AFC pueden variar; si bien algunos modelos tienen buena asociación con las observaciones, no necesariamente implica que resuelvan bien la discriminación (2AFC). En este orden de ideas, la tabla que aparece a continuación es la sugerida por IDEAM de los modelos que deben considerarse dentro del sistema de predicción para los dos períodos en cuestión sobre los 4 departamentos (Tabla 6).

Tabla 6 Modelos del Ensamble NMME para el esquema de predicción estacional NextGen en los departamentos de Córdoba, Sucre, Tolima y Meta para los trimestres MAM y AMJ.

	MAM												
DEPARTAMENTO/MODELO	CMC1-CanCM3	CMC2-CanCM4	COLA-RSMAS-CCM3	COLA-RSMAS-CCM4	GFDL-CM2p1	GFDL-CM2p1-AER04	GFDL-CM2p5-FLOR-A06	GFDL-CM2p5-FLOR-b01	NASA-GMAO	NASA-GMAO-062012	NCAR-CESM1	NCEP-CFSv2	Nro. Modelos
Córdoba									X				1
Sucre	X	X		X	X		X	X		X	X	X	9
Tolima		X				X				X		X	4
Meta						X							1

	AMJ												
DEPARTAMENTO/MODELO	CMC1-CanCM3	CMC2-CanCM4	COLA-RSMAS-CCM3	COLA-RSMAS-CCM4	GFDL-CM2p1	GFDL-CM2p1-AER04	GFDL-CM2p5-FLOR-A06	GFDL-CM2p5-FLOR-b01	NASA-GMAO	NASA-GMAO-062012	NCAR-CESM1	NCEP-CFSv2	Nro. Modelos
Córdoba						X		X		X			3
Sucre		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		10
Tolima	X		X	X			X	X	X	X			7
Meta													-

No obstante, para Córdoba y Meta, que no presentan suficientes modelos para realizar los pronósticos; la mejor estrategia sería utilizar todos los miembros del ensamble NMME dentro de la metodología NextGen para realizar las predicciones; ya que como se mencionó anteriormente, el promedio de los mismos es la mejor predicción.

Sección 5

Hoja de ruta para el desarrollo de predicciones de excesos y déficits

Con base en los resultados presentados en las secciones 1–3, el equipo de trabajo considera importante que se tengan en cuenta los siguientes pasos a la hora del desarrollo de un sistema de pronóstico NextGen de excesos y déficits.

1. En función de las demandas concretas de los tomadores de decisión identificar el o los mejores índices agroclimáticos de exceso y déficit hídrico. Debido a la complejidad de los efectos de los excesos y déficits en los cultivos (ver Sección 2, Figura 2), los índices seleccionados deben lograr capturar de manera integral (i) el comportamiento de las variables de clima; (ii) la relación suelo-planta-atmósfera; y (iii) las variaciones en varias escalas de tiempo (desde pocos días hasta varios meses).
2. Definir el tipo de información que se debe extraer del índice, de manera tal que el comportamiento espacio-temporal de dicho índice se pueda sintetizar en información de utilidad al tomador de decisiones. Es importante en este punto tener en cuenta que la utilidad de la información varía de acuerdo con el tipo de sistema, pero también a la capacidad, y condición de vulnerabilidad del usuario (incluyendo su género).
3. Obtener/calcular las series de tiempo del índice a partir de observaciones en diferentes sitios de interés, para cada ubicación de interés, de manera tal que se logre entender la variación del índice en diferentes escalas temporales. Esto permitirá contrastar los resultados del índice a través del espacio geográfico y del tiempo, y así lograr comprender la sensibilidad de los índices y su capacidad para representar condiciones específicas extremas. Por ejemplo, se pueden identificar años 'secos' y visualizar el comportamiento del índice *vis-a-vis* años 'normales' o años húmedos.
4. Llevar a cabo un análisis estadístico para verificar consistencia del índice de acuerdo a lo esperado por los tomadores de decisión. Este análisis debe lograr identificar los rangos de variación del índice, y comparar numéricamente períodos durante el ciclo de cultivo, así como años y sitios entre sí.
5. Contrastar los resultados del índice con información de campo disponible, incluyendo mediciones de campo de humedad del suelo, estado de los cultivos, y variables meteorológicas. Si se cuenta con información de suficientes años, períodos, y sitios, plantear la construcción de factores de corrección, o calibraciones adicionales para los pronósticos.
6. Llevar a cabo un análisis físico para identificar predictores candidatos del sistema NextGen de déficits y excesos. Este análisis debe tomar como punto de partida el

conocimiento sobre los predictores de la precipitación, pero al mismo tiempo explorar predictores que maximicen el desempeño predictivo del índice.

7. Construir el sistema NextGen, siguiendo la metodología ya descrita en la Sección 3 de este documento.
8. Producir los pronósticos retrospectivos (*hindcasts*) NextGen y evaluar la capacidad predictiva, con un enfoque a los ciclos de cultivo y los cultivos de interés. Esta evaluación debe idealmente detallar los períodos y lugares en los que el índice funciona mejor, y aquellos en los que no. De esta manera el usuario del sistema tendrá una visión clara con respecto al desempeño, lo que a su vez es el punto de partida para el correcto uso de la información.
9. Identificar formatos adecuados para presentar las predicciones, y analizar los resultados con tomadores de decisiones, y comparando con el comportamiento esperado en campo.

Es importante notar que los tomadores de decisión deben estar involucrados a lo largo de todos los pasos.

Referencias

DANE. 2014. Censo Nacional Agropecuario – estadísticas nacionales. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Disponible en https://bit.ly/36my4lT

DANE. 2020. Mujeres rurales en Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Disponible en https://bit.ly/3JyvGXs

Fernandes, K., Muñoz, A.G., Ramirez-Villegas, J., Agudelo, D., Llanos-Herrera, L., Esquivel, A., Rodriguez-Espinoza, J., Prager, S.D., 2020. Improving Seasonal Precipitation Forecasts for Agriculture in the Orinoquía Region of Colombia. Weather and Forecasting, 35, 437–449. doi:10.1175/WAF-D-19-0122.1

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. Sci. Data 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66

Observatorio Colombiano de las Mujeres. 2020. Información Día de la Mujer Rural. Disponible en https://bit.ly/3oVPcp5

Ordonez, L., Vallejo, E, Amariles, D., Mesa, J., Esquivel, A., Llanos-Herrera, L., Prager, S.D., Segura, C., Valencia, J.J., Duarte, C.J., Rojas, D.C., Obando, D., Ramirez-Villegas, J. Applying agroclimatic seasonal forecasts to improve rainfed 1 maize agronomic management in Colombia. Climate Services. En revisión.

Anexo A – Cronograma de trabajo

Componente	Actividad / entregable	Entregables en el TdR	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1. Verificación de predicciones	1.1 Inventario requerimientos	1.3 Documento con diagnóstico de requerimientos de información local necesaria para la generación y análisis de predicciones agroclimáticas, y con los datos recopilados (estaciones, datos satelitales, suelos)											
	1.2 Metodología propuesta para evaluar	1.1 Documento con la metodología con énfasis en precip y temp, y el cronograma detallado de trabajo. Metodología de asistencia técnica.											
	1.3 Evaluación NextGen	1.2 Documento con resultados de la evaluación de predicciones. Incluir ventajas y desventajas de NextGen y su uso en sector agropecuario, con énfasis en déficits y excesos, y género. 1.4 Documento que agrupe los anteriores documentos y que construya la propuesta metodológica para probar, priorizar, validar e implementar operativamente análisis de excesos y déficits											
2. Metodologías para déficits y excesos	2.1 Casos nacionales	2.1 Documento con revisión de mejores casos nacionales e internacionales déficits y excesos											
	2.2 Casos internacionales	–											
	2.3 Sistema de puntaje para casos	2.2 Documento con selección de mejores casos nacionales e internacionales											
	2.4 Definición de herramientas metodológicas para cálculo de índices y generación del pronóstico	2.3 Documento con definición de herramientas metodológicas ajustadas al contexto Colombiano que se usarán en el proyecto 2.4 Documento que agrupe los anteriores documentos y que incluya las recomendaciones de herramientas a usar en el proyecto											
3. Verificación en campo	3.1 Selección de predios y protocolo de trabajo	3.1 Un informe con detalles de cómo se realizó la selección de predios, acuerdos interinstitucionales realizados, actividades y protocolos establecidos incl. COVID-19											
	3.2 Diseño y ejecución de trabajos de verificación en campo	3.2 Documento que presente las actividades y resultados del trabajo de campo (items 3.2–3.5 de anexo técnico)											
	3.3 Evaluación habilidad predictiva	3.3 Un documento que presente la evaluación de habilidad predictiva (i.e., verificación en campo + evaluación retrospectiva) (incl. ajuste de los métodos / calibración), proceso de transferencia al IDEAM											
	3.4 Scripts y rutinas de análisis	3.4 Documentación de scripts y rutinas de análisis											
	3.5 Recomendaciones de mejora sistema	3.5 Documento que exponga detalladamente la estrategia para mejorar predicciones en el IDEAM para fines agroclimáticos del proyecto 3.6 Documento que agrupe todos los documentos, y presente principales hallazgos y recomendaciones											

4. Operacionalización	4.1 Plan de comunicación y diseminación de las predicciones	4.1 Documento con el protocolo de comunicación, de uso operativo o de difusión de las predicciones de deficiencia y/o exceso hídrico en los cultivos. Incluir recomendaciones para fortalecer relaciones con gremios. 4.2 Documento con los resultados de beneficios iniciales obtenidos a usuarios y sus necesidades											
	4.2 Capacitación	4.3 Informe de capacitaciones (sesiones, formatos, contenidos) a funcionarios del IDEAM											
	4.3 Implementación (automatización, instalación, productos experimentales)	4.5 Propuesta para construir herramienta de visualización											
	4.4 Doc. metodología seguimiento del modelo	4.4 Protocolo de verificación en campo de predicciones del modelo para verificación continua 4.6 Documento que agrupe documentos de componente 4.7 Documento que agrupe componentes 1–4											
5. Gestión	5.1 Documento con modelo de planificación, monitoreo, control y evaluación	5.1 Documento con modelo de planificación, monitoreo, control y evaluación											
	5.2 Documento de programa de gestión, monitoreo, y cronograma	5.2 Documento de programa de gestión, monitoreo, y cronograma											
	5.3 Plan de acción género (ver Componente 6 abajo)	5.3 Plan de acción género											
	5.4 Propuesta metodológica para priorizar actividades	5.4 Documento con propuesta metodológica para priorizar actividades 5.5. Documento											
6. Género e inclusión	6.1 Plan de trabajo de género												
	6.2 (mapeado 1.1) Inventario de requerimientos desagregado por género, edad y población étnica												
	6.3 (mapeado 1.1) Entrevistas y encuestas realizadas												
	6.4 (mapeado 3.1 y 3.2) Sección que describa cómo la selección de predios o puntos de trabajo en campo consideró voz y empoderamiento para mujeres, jóvenes y personas de origen étnico												
	6.5 (mapeado 4.1) Sección que describa protocolo operativo, difusión de predicciones que describa en detalle el abordaje de género e inclusión												
	6.6 (mapeado a todo el proyecto) Resumen de actividades realizadas y plan de acción de género e inclusión (mapeado a 5.3)												
Reporte final y cierre del proyecto	Entrega del reporte final												
	Ajustes finales (menores) al reporte final, envío de cuentas de cobro, y cierre final y oficial del proyecto												