



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Aptitud Agroclimática e identificación de nichos productivos de bajo riesgo de exceso y déficit hídrico para granadilla en La Argentina, Colombia¹



Fabio Ernesto Martínez², Leidy Yibeth Deantonio³, Elizabeth Aguilera⁴, Gustavo Araujo⁵, Lilia Ortiz⁶, Edwin Rojas⁷, y Francisco Boshell⁸

¹Trabajo modelo presentado en el XIX Congreso Brasileiro de Meteorologia, 23 ago. a 28 de ago. 2015

²Fisiólogo de cultivos, Investigador Máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, femartinez@corpoica.org.co

³Fisiólogo vegetal, Investigador Máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, Ideantonio@corpoica.org.co

⁴Entomóloga, Investigador Ph.D., Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, eaguilera@corpoica.org.co

⁵Magister en SIG, Investigador Máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, garaujo@corpoica.org.co

⁶Especialista en SIG, Investigador Profesional, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, lortiz@corpoica.org.co

⁷Meteorólogo, Investigador Máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, eorojas@corpoica.org.co

⁸Meteorólogo, asesor, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia, jfboshell@gmail.com,

Resumen: Se realizó la zonificación de la aptitud agroclimática del municipio de La Argentina para el cultivo granadilla mediante la sobre posición de la cartografía de aptitud de uso de los suelos para el cultivo y la cartografía de probabilidad mensual de ocurrencia de tres condiciones de humedad en el suelo para el cultivo: adecuada y restrictiva por exceso y déficit hídrico. La cartografía de probabilidad se construyó mediante balances hídricos generados a partir del Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) calculado para cada mes de ciclo productivo de cultivo durante la serie 1980 a 2011. Se identificaron y delimitaron áreas que presentaran menores limitaciones por suelo y bajas probabilidades de condiciones de humedad restrictiva para el cultivo. Los resultados indican que bajo condiciones de déficit hídrico hay 12328,94 ha y en una condición de excesos hídricos el área potencial para el cultivo de granadilla es de 2569,97 ha condicionadas a prácticas de corrección de pH frecuentes, manejo fitosanitario, nutricional y de drenajes principalmente en los meses febrero, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Abstract: Agroclimatic suitability for La Argentina to passion fruit was made by the overlapping of mapping ability of land use for the cultivation and mapping of monthly probability of occurrence of three conditions of soil moisture was carried out for growing: proper and restrictive for excess and water deficit. Probability mapping constructed by water balances generated from the index Palmer Drought Severity (PDSI) calculated for each month of crop production cycle during the 1980 to 2011 series were identified and delineated areas that present minor limitations floor and low probability of moisture restrictive conditions for cultivation. The results indicate that under conditions of water stress there are 12328.94 ha and in a condition of excess water potential area for cultivation of passion fruit is conditional on practices 2569.97 has frequent pH correction, phytosanitary and nutritional management drains mainly in the months of February, May, September, October, November and December.

Palabras clave: exposición, riesgos agroclimático, planificación territorial.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



INTRODUCCIÓN

El aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, ha conducido a frecuentes condiciones de excesos y deficiencias de agua con impactos negativos sobre la producción agropecuaria (IPCC, 2012) debido a la reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas por efecto del estrés hídrico (Nuruddin et al., 2003) y por el aumento de la incidencia de plagas, enfermedades y arvenses (CORPOICA, 2013). Las inundaciones y sequías fueron responsables del 74.7% de impactos en cultivos y el 94.2% en ganadería (FAO 2015). En Colombia, la variabilidad climática interanual asociada con El Fenómeno El Niño Oscilación del Sur ENOS (Fases positiva y negativa El Niño y La Niña respectivamente) ha ocasionado pérdidas económicas y ambientales afectando principalmente al sector Agropecuario (CCI, 2011). Por citar solo un caso, la ola invernal 2011-2012 afectó 13,3 millones de metros cuadrados de infraestructura agropecuaria en el país, con un impacto aproximado \$550000 millones de pesos.

Según diferentes estudios para el año 2050 los cambios en el clima afectarán el 80% de los cultivos en más del 60% de las áreas de producción de Colombia, y el cambio climático pondrá en riesgo el sustento de casi 3.5 millones de personas que dependen de este sector agropecuario en el país (CIAT, PNUD, 2011). Frente a estos escenarios, la zonificación de aptitud agroclimática del territorio constituye una estrategia de manejo del riesgo que orienta la implementación de medidas preventivas y de adaptación frente a las adversidades climáticas (Brunini, O. *et al.* 2010). En general la mayoría de metodologías para la zonificación de aptitud agroclimática que tienen en cuenta el suelo dentro de su análisis, incluyen información ya sea de parámetros de capacidad de almacenamiento de agua o de aspectos físico-químicos más no una integración de ambos. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue establecer una metodología para zonificar la aptitud agroclimática del territorio para diferentes especies agrícolas en Colombia, integrando la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, la aptitud de uso con base en aspectos físico – químicos del suelo y las posibles restricciones asociadas con excesos y deficiencias de agua en el suelo. La metodología se aplicó en el municipio del La Argentina, en el departamento del Huila, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zonificación de la aptitud agroclimática se realizó teniendo en cuenta la definición sobre riesgos agroclimáticos IPC12, que se basa en la exposición del cultivo a eventos climáticos extremos (definida por su ubicación en el territorio) y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico. La metodología se basó en la sobre posición de dos tipos de análisis para el cultivo. El primero por aptitud de uso de los suelos (FAO, 1976) y el segundo por probabilidad de ocurrencia de tres condiciones de humedad en el suelo (adecuada, exceso y déficit hídrico) en las etapas fenológicas de mayor sensibilidad del cultivo a estrés hídrico (Tabla 1). La probabilidad de se calculó a partir de las series históricas mensuales del índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) (Palmer W. ,1965) durante un periodo de 32 años (1980 a 2011). El cálculo del índice de Palmer se generó a partir de la interpolación de los promedios mensuales de la ETo (FAO, 2006) calculados con las series históricas mensuales de las variables precipitación, temperatura máxima media, temperatura mínima media y temperatura media, humedad relativa y brillo solar registradas por 8 estaciones pertenecientes a la red de observación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM disponibles en el área de análisis (Tabla 1).

Tabla 1. Ciclos productivos y etapas fenológicas del cultivo de granadilla en el municipio La Argentina (Huila, Colombia).

Etapa fenológica	Condición de humedad en el suelo restrictiva por déficit hídrico para el cultivo											
	Ventana de Análisis											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
transplante												
desarrollo total vegetativo												
prefloración y floración												
Formación y llenado de frutos												

Se realizó la sobre posición de la cartografía de aptitud de usos de los suelos para granadilla con la cartografía de probabilidad de ocurrencia de condiciones de humedad del suelo ligeramente restrictivas y restrictivas (exceso y déficit hídrico) (ArcGIS 10.1).

Con las salidas sobrepuestas generados para cada condición de humedad del suelo (ligeramente restrictiva y restrictiva por exceso y déficit de agua), se identificaron: a) áreas que persistentemente registran alta probabilidad de exceso y déficit de agua; b) áreas que persistentemente registran baja probabilidad de exceso y déficit de agua y c) áreas que persistentemente registran alta probabilidad de humedad ligeramente restrictiva. Los resultados de la aptitud de uso de los suelos para el cultivo y la probabilidad de ocurrencia de humedad del suelo adecuada o restrictiva (exceso y déficit hídrico) fueron interpretados mediante funciones de análisis espacial del software ArcGIS 10.1 y la herramienta central de visualización y exploración de datos ArcMAP™ (Huisman y de By, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aptitud de uso de suelo para el cultivo de granadilla

En el municipio La Argentina el 21% del área (7.409 ha aprox.) corresponde a la clase A1, es decir, no presenta ninguna restricción para el establecimiento del cultivo de granadilla. Con aptitud moderada se estiman unas 5.824 ha (16% del municipio), las cuales están condicionados a manejo especial por acidez y aluminio. No se identificaron áreas con aptitud marginal (A3). El 63% del municipio (22.420 ha) fueron clasificadas como no aptas (no recomendadas para el cultivo), se descartaron en su mayoría por piso térmico, además de pendiente y profundidad (Figura 1).

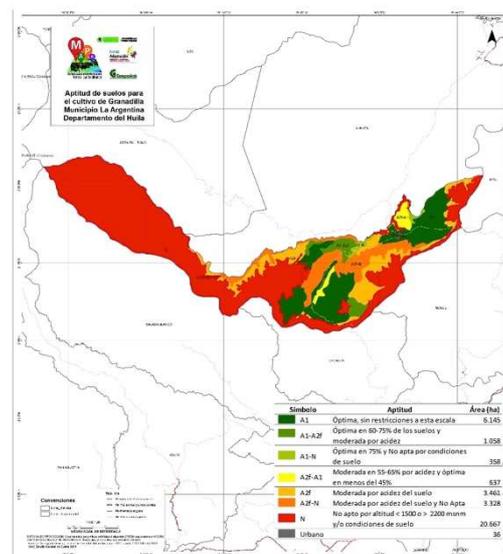


Figura 1. Aptitud de uso de los suelos para cultivo de granadilla en el municipio de La Argentina (Huila).

Probabilidad de ocurrencia de condiciones de exceso hídrico en el suelo

En los meses febrero, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre la mayor parte del área del municipio presenta una probabilidad entre 40 – 60% de ocurrencia de exceso hídrico para el cultivo de granadilla. En estas condiciones hay una mayor probabilidad de efectos negativos sobre etapas como el trasplante de mayo y los picos de floración y llenado de fruto. En contraste, en los meses enero, marzo, abril, junio, julio y agosto, hacia el occidente del municipio la probabilidad de ocurrencia de exceso hídrico es <40% (tonos verde) lo que indica una menor exposición del cultivo a condiciones de exceso hídrico en estos meses y en estos sectores (Figura 2).

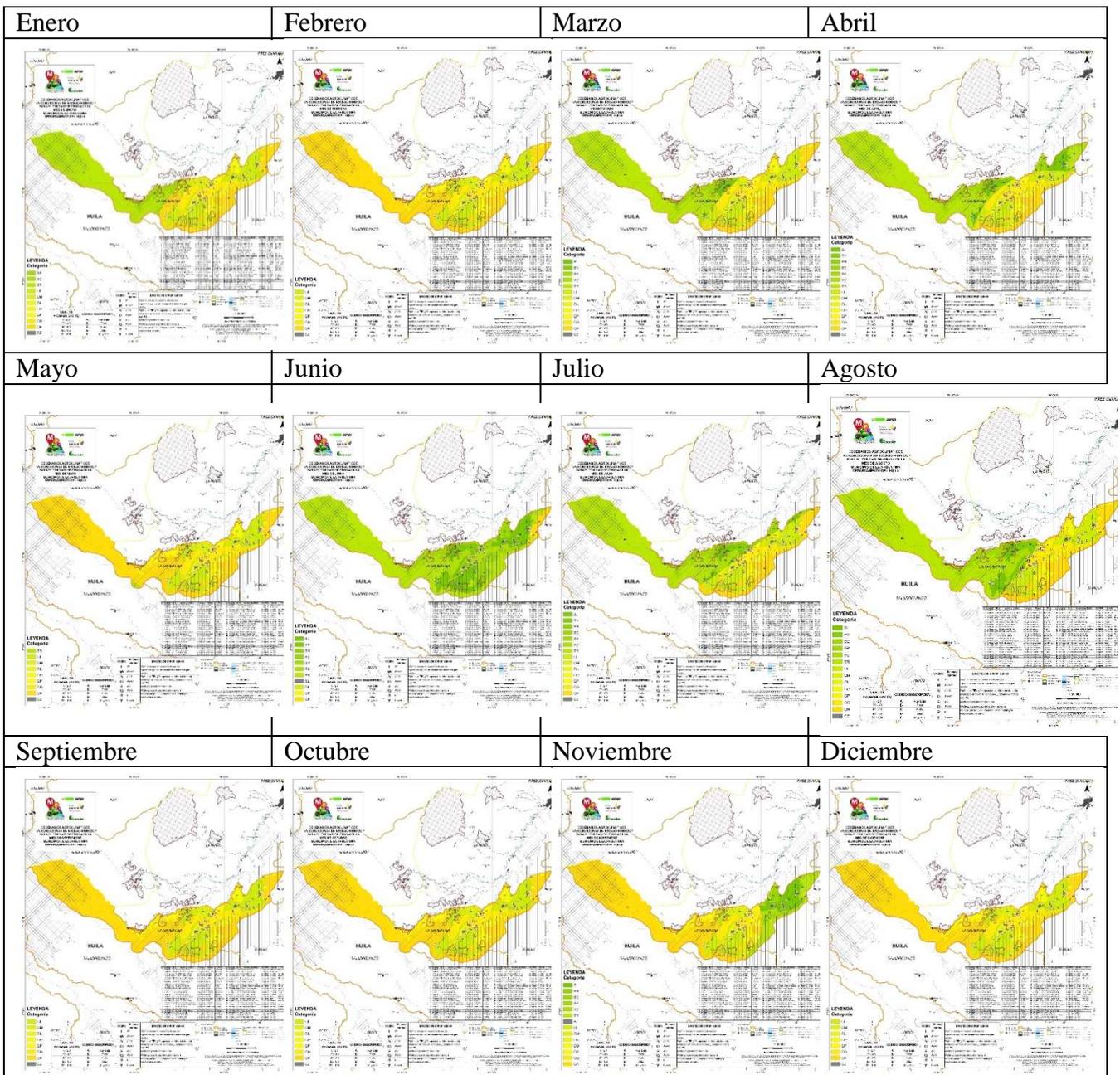


Figura 2. Aptitud de suelos y probabilidad de ocurrencia de exceso hídrico para el cultivo de granadilla en el municipio de La Argentina.

Aptitud agroclimática bajo una Condición de exceso hídrico en el suelo.

Bajo condiciones de exceso hídrico se identificaron como áreas de bajo riesgo agroclimático (Áreas en tonos verdes): *Nicho productivo óptimo o con leves restricciones* (aproximadamente 719,58 ha). Presenta suelos óptimos y con aptitud moderada por acidez a la escala de evaluación. En los meses enero, marzo, abril, junio, julio y agosto hay una baja probabilidad de ocurrencia de exceso hídrico en el suelo para el cultivo PDSI > 2) es < 40% estas áreas son recomendables para el cultivo de granadilla desde el punto de vista biofísicos bajo condiciones de excesos hídricos extremos. *Nichos productivo condicionado a prácticas de manejo y conservación de suelos*: área que ocupa el 5,2% (aproximadamente 1850,12 ha) del área total del municipio (35689,47 ha) se ubica hacia al centro, norte y oriente del municipio. Presenta unidades de suelos con aptitud moderada por acidez y porcentajes menores al 45% de suelos no aptos. Hay una baja probabilidad de ocurrencia de exceso hídrico en el suelo para el cultivo PDSI > 2) es < 40% en la mayoría de meses de primer semestre del año. En el segundo semestre el incremento en la probabilidad de exceso hídrico (40 – 60%) sugiere la implementación de estrategias de manejo fitosanitario y de drenajes.

Estas áreas pueden emplearse para el cultivo de granadilla si se aplican prácticas de corrección de pH frecuentes que mejoren su aptitud a mediano y largo plazo y se llevan a cabo prácticas agronómicas (manejo fitosanitario y nutricional) y de manejo de drenajes en los meses en donde tradicionalmente, bajo una condición de excesivas lluvias, se presentan excesos de agua extremos en el suelo (febrero, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) (Figura 3)

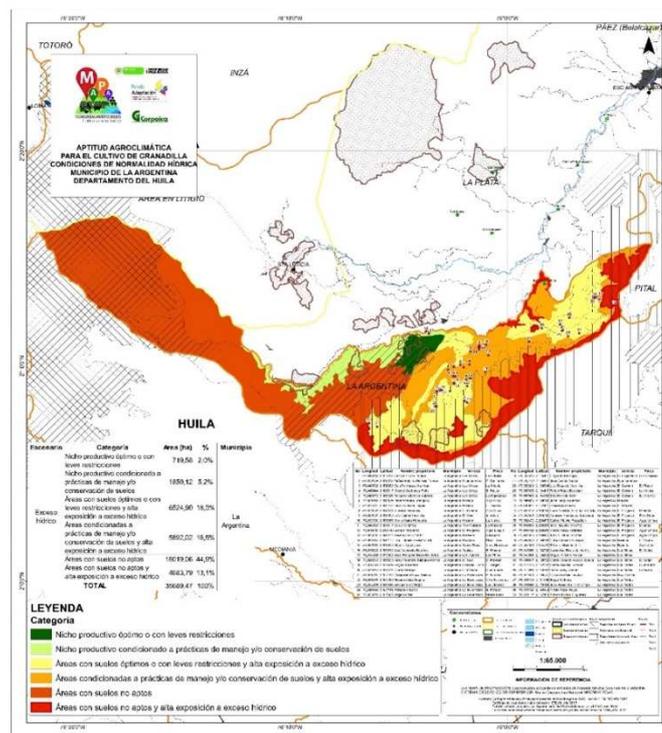


Figura 3. Aptitud agroclimática del municipio La Argentina (Huila) en condiciones de exceso hídrico en el suelo para el cultivo de granadilla.

Probabilidad de ocurrencia de condiciones de déficit hídrico en el suelo

En la mayor parte del territorio y en todos los meses de la ventana de análisis, predomina una probabilidad < 60% (tonos verdes y amarillos) de ocurrencia de deficiencias hídricas severas en el suelo. Sin embargo hacia el oriente del municipio (sectores Los Milagros, El Paraíso, El Progreso, La Unión, Betania, Alto y Bajo Carmen, Quebrada negra) en el mes de mayo, se observa una probabilidad entre 60

– 80% de deficiencias hídricas que coinciden con el desarrollo vegetativo y pico de floración (Figura 4).

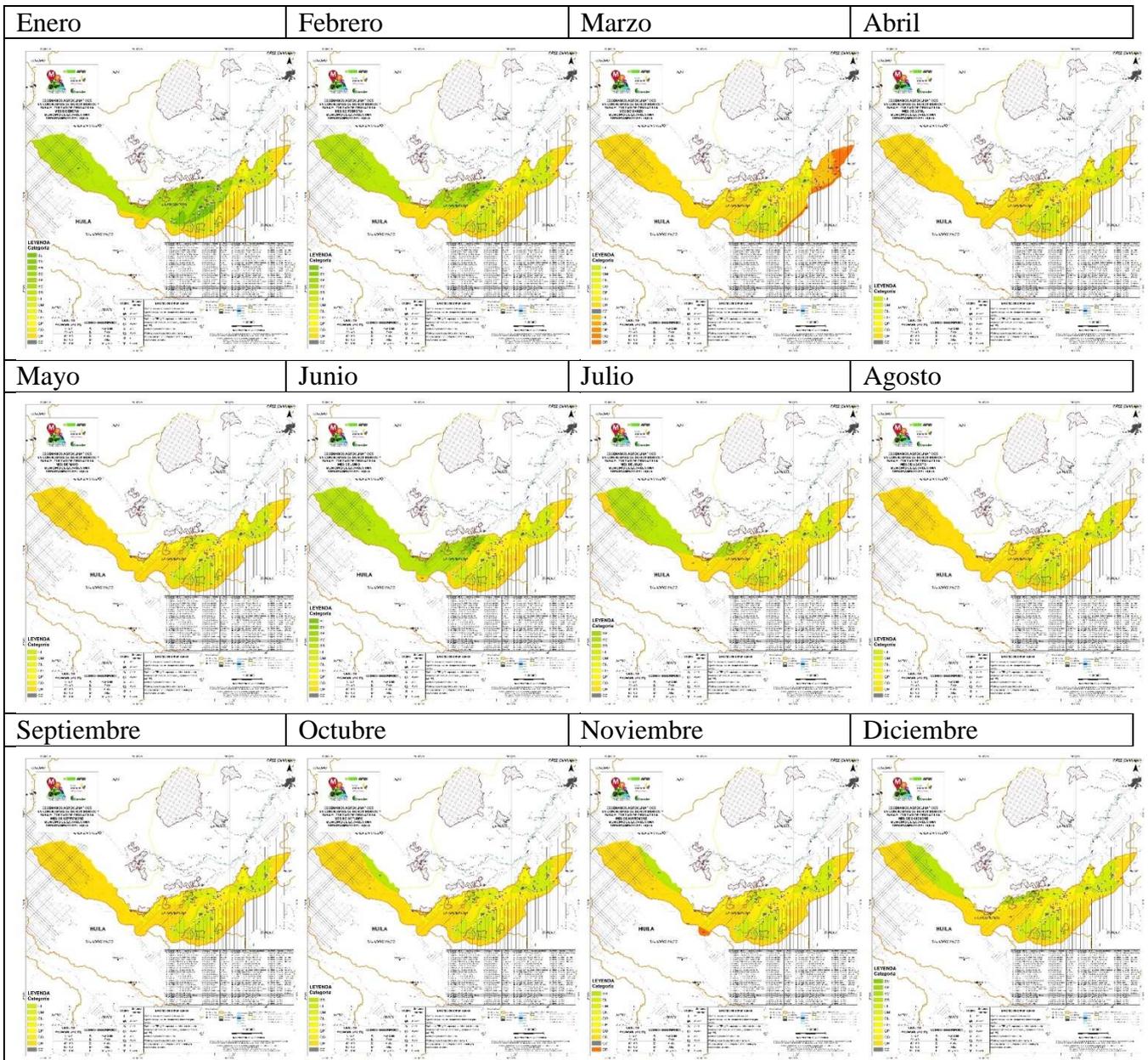


Figura 4. Aptitud de suelos y probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico para el cultivo de granadilla en el municipio de La Argentina.

Aptitud Agroclimática bajo una Condición de déficit hídrico en el suelo.

Bajo condiciones de exceso hídrico se identificaron como áreas de bajo riesgo agroclimático (áreas en tonos verdes): Nicho productivo óptimo o con leves restricciones (aproximadamente 5250,21 ha) se ubica en al norte y centro del municipio. Presenta suelos óptimos y con aptitud moderada por acidez a la escala de evaluación. Hay una baja a media (< 60%) probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo para el cultivo PDSI < - 2) en la ventana de análisis. Estas áreas son recomendables para el cultivo de granadilla desde el punto de vista biofísico, en condiciones de déficit hídrico extremo. Requerirían una menor inversión en, manejo de suelo y gestión del agua. Nichos productivo

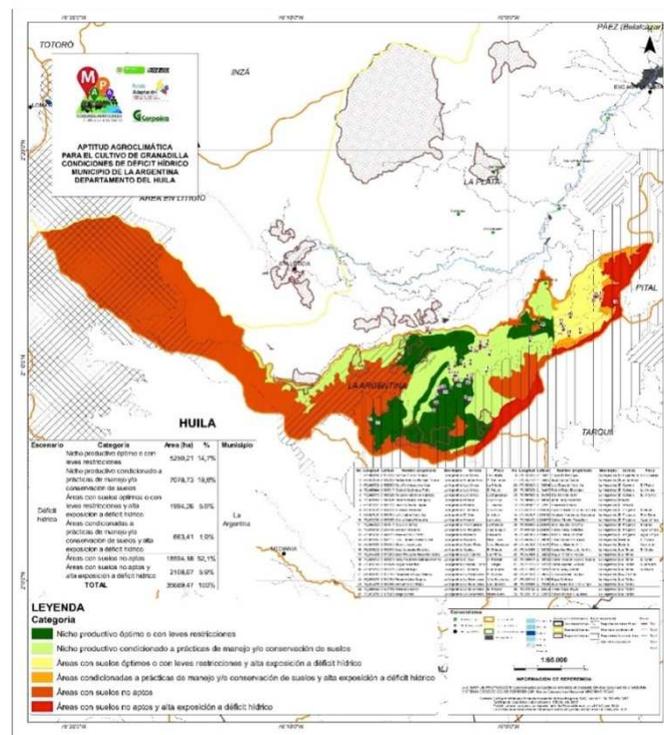
O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

condicionado a prácticas de manejo y conservación de suelos: área que ocupa el 19,8% (aproximadamente 7078,73 ha) del área total del municipio (35689,47 ha) se ubica hacia al centro, norte y oriente del municipio. Presenta unidades de suelos con aptitud moderada por acidez y porcentajes menores al 45% de suelos no aptos. Hay una baja probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo para el cultivo PDSI > 2) es < 60% en la ventana de análisis (Figura 5).

Estas áreas pueden emplearse para el cultivo de granadilla si se aplican prácticas de corrección de pH frecuentes que mejoren su aptitud a mediano y largo plazo.

Figura 5. Aptitud agroclimática del municipio La Argentina (Huila) en condiciones de déficit hídrico en el suelo para el cultivo de granadilla.

Este estudio presenta una metodología de identificación de áreas de bajo riesgo agroclimático para sistemas agrícolas, mediante la combinación entre la aptitud de suelos (que emplea las variables drenaje, pendiente, profundidad efectiva, textura, pH, saturación de aluminio, salinidad y altitud) y la probabilidad de que en el suelo se presente una humedad restrictiva para el cultivo. Este análisis se fundamentó en el cálculo del índice PDSI (Palmer, 1956), un modelo de balance hídrico a escala mensual



el cual requiere como variables de entrada la precipitación, la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀) y la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo. Existen otras metodologías que plantean combinaciones de propiedades físicas y químicas del suelo con el clima. En el estudio de Ceballos-Silva and López-Blanco (2003) para delimitar la aptitud de áreas para la siembra de maíz y papa en México central, se emplearon variables como temperatura mínima, temperatura máxima, precipitación, profundidad de suelo, textura del suelo, pH del suelo, pendiente del suelo y altitud. La precisión de esta aproximación está condicionada a la disponibilidad de información cartográfica de suelos que en Colombia se limita a escalas 1:100.000, a los datos climatológicos, los cuales están disponibles únicamente a escala mensual, al índice empleado para calificar la humedad en el suelo y a la disponibilidad de información ecofisiológica del cultivo. Una mayor aproximación a la realidad local sería posible con el uso de información climática a escala diaria que permita diseñar



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

índices más precisos o mejorar la información con la que se construyen los índices aplicados al sector agrícola. Sin embargo, como menciona Hijmans et al. (2003), la evaluación de impacto agroclimático debe tener un equilibrio entre procedimientos muy precisos, que requieren gran cantidad de información y procedimientos de cálculo más simplificados que demandan menos datos y permiten evaluaciones de rápida obtención.

CONCLUSIONES

Los resultados contribuyen a la identificación de áreas productivas que podrían verse más afectadas con aumentos o disminuciones excesivos de precipitación fruto de eventos de variabilidad climática asociadas y no asociadas a ENSO. Así mismo dan un panorama de riesgo que soporta la implementación de políticas públicas que promuevan desde el uso de infraestructura de riego y drenaje, hasta la aplicación de prácticas de manejo agronómico que mitiguen el impacto de eventos de exceso y déficit hídricos.

La metodología presentada aplica un proceso de cálculo de balance hídrico complejo como el PDSI a aplicaciones agrícolas, haciendo uso de una escala mensual de datos climatológicos de 30 años, asociado a la metodología de evaluación de tierras de la FAO a escala 1:100000. Como resultados se obtienen mapas de aptitud agroclimática con aplicaciones prácticas para la toma de decisiones de sector agropecuario colombiano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la entidad financiadora del Proyecto MAPA (Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática) Fondo Adaptación, y al equipo de la Unidad de Agroclimatología del Centro de Investigación Tibaitatá de Corpoica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BID, CEPAL. **Valoración de daños y pérdidas – Ola Invernal en Colombia 2010- 2011.** 2012. 67p. Bogotá: BID, CEPAL.

CIAT, PNUD. **Evaluación de Flujos de Inversión y Financiamiento para Acciones de Mitigación y Adaptación en el Sector Agropecuario.** 2011.

FAO. **The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food and nutrition security.** 2015. 6p. Brochure prepared for the World Conference on Disaster Risk Reduction in Sendai, Japan, March 2015.

FAO. **A framework for land evaluation.**1976. FAO (Food and agriculture organization of United Nations). *Soils bulletin*, 32.

CORPOICA. **Plan para el manejo de los impactos en el sector agropecuario ocasionados por la emergencia Invernal.** 2013. Bogotá: Universidad Tecnológica Pedagógica de Colombia – UPTC, 4D Elements Consultores y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Sede C.I Tibaitata..

CCI. **Impacto de la ola invernal sobre el sector agropecuario segundo semestre.** 2011. Bogotá: Corporación Colombia Internacional (CCI).



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. 2011. Cambridge: Cambridge University Press.

NURUDDIN, M.; MADRAMOOTO, C.; DODDS, G. **Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality**. 2003. *Hort Science*(38), 1389-1393.

PALMER, W. **Meteorological Drought**. 1965. Department of Commerce. . *Res. Paper* , (45), 58.

BRUNINI, O.J.P.; CARVALHO, A.P.C.; BRUNINI, A.L.; PADUA JUNIOR, S.F.A.; ABRAMIDES P.L.G. **Agroclimatic zoning and climatic risks for sugarcane in Mexico: A preliminary study considering climate change scenarios**. 2010. Proceedings of International Society for Sugar Cane Technology. 27:302–314.

CEBALLOS-SILVA, A.; LÓPEZ-BLANCO J. **Delineation of suitable areas for crops using a Multicri-Criteria evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in Central Mexico**. 2003. *Agric. Systems* 77: 117-136.