

## ZONIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE SOYA EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

*Mandius Romero<sup>1</sup>; Jairo García Lozano<sup>2</sup>;  
José Eurípides Baquero Peñuela<sup>3</sup>*

La expresión fenotípica de una planta depende principalmente de la interacción genotipo-ambiente. El ambiente es considerado el factor más limitante para que la planta exprese todo su potencial de crecimiento y producción. Así mismo, entre los componentes relacionados con el ambiente, se encuentran el suelo (características químicas, físicas, biológicas y mineralógicas), el agua, la radiación solar y la temperatura (Tanaka y colaboradores, 1993).

Desde el punto de vista de las propiedades físicas del suelo, el cultivo de la soya se adapta a diferentes tipos de clases texturales; sin embargo, se requiere que presente buenas condiciones de drenaje, de tal forma que se elimine fácilmente el exceso de agua, pero que a su vez retenga una cantidad suficiente para abastecer a las plantas durante varios días, permitiendo además una buena aireación de la zona radical, lo que favorece la proliferación, crecimiento y desarrollo del sistema radical del cultivo (Monómeros, 1993).

De acuerdo con lo anterior no son apropiados los suelos arcillosos (>40% de arcillas) que presenten conductividades hidráulicas lentas (<0.25mm/hora), o suelos donde los niveles freáticos estén muy cerca de la superficie (<10cm). Así mismo no son recomendables los suelos de texturas arenosas, por su baja retención de humedad y las altas temperaturas.

- 1 Agrólogo. Investigador Coordinador Programa Agroecosistemas. CORPOICA, C.I. Tibaitatá. Mosquera (Cundinamarca).
- 2 I.A., M. Sc. Fisiología vegetal. Investigador programa de agroecosistemas. CORPOICA, C.I. Tibaitatá. Mosquera (Cundinamarca).
- 3 I.A., M. Sc. Suelos y fertilidad. Investigador Programa Recursos Biofísicos, CORPOICA, C.I. La Libertad. Villavicencio, Meta.

Por otra parte, como cualquier cultivo, la soya se desarrolla bien en suelos donde no existan limitantes de tipo químico. La soya es sensible a suelos con niveles altos de Al, Mn, Na o de sales y se comporta adecuadamente en suelos que presenten niveles balanceados de P, Ca, Mg, K, S y de elementos menores, Mn, Zn y Cu, principalmente.

Las condiciones anteriores se encuentran con frecuencia en suelos medianos de textura franca o moderadamente finos, generalmente aluviales, con buen drenaje y contenidos medios de materia orgánica, pH entre 6.0 y 6.7 y conductividad eléctrica menor de 1 mmhos/cm.

A pesar del conocimiento anterior, el trópico bajo colombiano presenta múltiples condiciones edáficas, fisiográficas y climáticas que originan una amplia gama de ambientes ecológicos, que determinan diferentes escenarios agrofísicos que a su vez responden de manera diferencial al cultivo de la soya. La ampliación de la frontera agrícola para este cultivo bajo criterios de competitividad y sostenibilidad, exige la selección y espacialización de sitios con adecuadas condiciones biofísicas y de infraestructura, que faciliten la optimización de la producción.

## CARACTERIZACIÓN DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE LA SOYA

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, desarrollaron un estudio para determinar las zonas más adecuadas para el cultivo de la soya en el país (CORPOICA, 2004). La mayor parte del presente documento proviene de dicho estudio. Para tal fin se utilizó la información de los levantamientos edafológicos y estudios climáticos realizados por el IGAC, el CIAT, y CORPOICA así como otras fuentes con información cartográfica a escala 1:500.000. (CORPOICA-IGAC, 2002; FAO 1985; ICA-IGAC 1985; IGAC 1981; IGAC 1979; IGAC 1997; IGAC 1988; IGAC 1994; IGAC 1996; IGAC 1982; IGAC 1976; IGAC 1971; IGAC 1983; IGAC 1977; IGAC 1978; IGAC 1989; IGAC 1969).

Dentro de los aspectos considerados para la realización del estudio a nivel nacional, fueron tenidos en cuenta la ubicación de la industria de balanceados y aceites, y los criterios físicos que caracterizan el área de influencia en cada caso. Con base en estos aspectos las subregiones seleccionadas fueron las siguientes:

- Zona del Valle Alto del Magdalena y Zona del Piedemonte y Altillanura Orinoquense, articuladas a las demandas de la industria de balanceados ubicada en Bogotá y sus alrededores.

- Zona del Valle Geográfico del Río Cauca, articulada a la industria de Cali.
- Zona del Magdalena Medio y Zona del Sur del Cesar, articuladas a las industrias de Bucaramanga.
- Zona del Valle del Sinú y Franja Litoral, articuladas a las demandas de Medellín.
- Zona del Valle del Cesar, zona con potencial de articulación con las demandas de Barranquilla y Bucaramanga.

El área objeto de estudio a nivel nacional, tiene una extensión aproximada de 13.996.535 hectáreas. El 39% corresponde a tierras de clima cálido seco, el 51% están en clima cálido húmedo y el 1% en tierras de clima medio. El 9% restante son zonas no incluidas en el estudio por problemas de inundación permanente, toxicidad del suelo (salinidad o acidez), erosión o afloramientos rocosos que deben ser objeto de conservación o manejo especial (aproximadamente 1.396.382 has). Figura 1, Tabla 1.

De otra parte, se analizaron las relaciones dadas entre los requerimientos del cultivo y la oferta ambiental. Se consideró también que en algunos casos esta última no es la más adecuada para el cultivo, pero el uso de riego o la corrección de la acidez pueden mejorar las condiciones desfavorables y convertirlas en zonas con alto potencial para el establecimiento y producción del cultivo.

A continuación se definen los aspectos que se han tenido en cuenta para la caracterización, selección y ubicación de las zonas más adecuadas para la subregión del Piedemonte Llanero y la Altillanura de la Orinoquia con base en los anteriores criterios.

Tabla 1. Estudio de zonificación para el cultivo tecnificado de la soya en Colombia.

Subregión	%	Área total	Cálido seco	Cálido húmedo	Clima medio	Área evaluada
Valle del Cesar y Sur de la Guajira	10	1.412.515	1.203.132	2.205	0	1.205.337
Franja Litoral	7	1.049.130	740.406	0	0	740.406
Valle del Sinú y Golfo de Morrosquillo	11	1.518.114	716.696	486.687	1.281	1.204.664
Magdalena medio y Sur del Cesar	31	4.330.489	366.236	3.399.466	41.075	3.806.777
Piedemonte y Altillanura Orinoquense	24	3.400.338	508.117	2.885.773	4.608	3.398.498
Valle alto del Magdalena	14	1.913.985	1.573.263	266.355	49.671	1.889.289
Valle Geográfico del río Cauca	3	371.964	292.792	59.890	1.331	354.013
TOTAL	100	13.996.535	5.400.642	7.100.376	97.966	12.598.984

Fuente: SIG CORPOICA, Programa Agroecosistemas. C.I. Tibaitatá, 2004.

**Cartografía digital a escala  
1:500.000 de las subregiones con  
potencial productivo para el cultivo  
de soya**

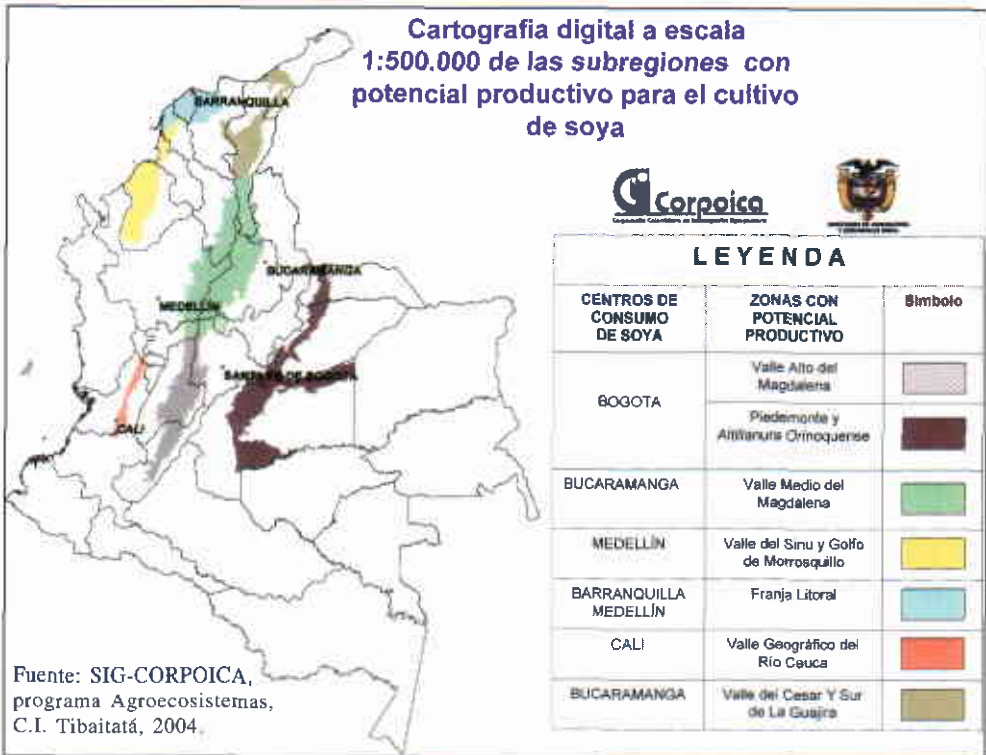


Figura 1. Ubicación de las subregiones estudiadas con potencial para el cultivo de la soya en Colombia.

◆ **Requerimientos generales del cultivo de la soya**

De acuerdo con Dibb (2000), existen más de 50 factores que gobiernan el crecimiento y el comportamiento de los cultivos extensivos. Estos factores se pueden dividir en tres categorías principales: controlables, parcialmente controlables e incontrolables.

❖ Ejemplos de factores incontrolables son la luz, temperatura, viento, duración del día y concentración de CO<sub>2</sub> de la atmósfera. En la mayoría de los casos el productor debe convivir con las condiciones del medio donde se desenvuelve.

❖ Ejemplos de los factores parcialmente controlables son la falta de precipitación, que pueden suplementarse con riego, plagas y enfermedades que pueden ser controladas con protectantes y manejo, y ciertas propiedades físicas y químicas que pueden mejorarse aunque no cambiarse totalmente con obras de drenaje o enmiendas.

❖ Entre los factores controlables se pueden mencionar dosis y localización de nutrientes, prácticas culturales tales como: el espaciamiento entre surcos, densidad y época de siembra, tipo de cultivo y rotaciones.

Para que un cultivo exprese su potencial de rendimiento todos estos factores deben estar en un nivel óptimo. Los rendimientos se reducen si uno o más factores se presentan en niveles sub-óptimos. Por esta razón, es importante recordar que aun cuando todos los factores nutricionales se encuentren en niveles óptimos, la presencia de sequía, plagas o cualquier factor no controlable puede causar impacto negativo en la producción.

Para la realización del estudio se tuvo en cuenta que el modelo lógico implica la determinación y calificación de los requerimientos de suelo y clima, para que el cultivo de la soya tenga éxito (agua, luz, temperatura, suelo, etc). Es decir, definir cuáles son las mejores condiciones para el cultivo, cuáles no son las mejores pero que están en un nivel aceptable y cuáles son las no satisfactorias. Para esto, los requerimientos se clasificaron en fisiológicos (relacionados con el ambiente y la planta), de manejo (tecnológico del cultivo), y de conservación (relacionados con el impacto del uso en el suelo). El primer paso consistió en identificar cuáles son los más importantes y en segundo lugar asignarle un valor.

Los requerimientos más importantes para la soya en los Llanos Orientales se definieron mediante el concepto de los expertos, la consulta de los resultados de investigación y la descripción ambiental de las zonas con mayores índices productivos. En términos generales estos requerimientos están relacionados con la radiación (horas luz), temperatura promedio (durante el periodo de crecimiento), disponibilidad de agua (distribución de precipitación durante el periodo de crecimiento), oxígeno en la rizosfera (condiciones de drenaje), nutrientes disponibles (fertilidad del suelo y extracción de nutrientes por tonelada de producto cosechado), condiciones de enraizamiento (profundidad efectiva), condiciones que afectan la germinación y establecimiento (relacionadas con laboreo del suelo y humedad del mismo), posibilidades de mecanización y toxicidades del suelo (Aluminio). Se consideró de manera adicional, la susceptibilidad a plagas y enfermedades y el riesgo de inundación, para las áreas de siembra en vegas. El requerimiento considerado como prioritario e importante fue "la disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento del cultivo" (Corpoica, 2004).

Para la clasificación de cada uno de estos factores se consideró el efecto del requerimiento sobre la reducción de rendimientos y en algunos casos, la necesidad de costos adicionales para llegar a tener el rendimiento deseado. Los resultados se ex-

presaron en términos de aptitud, a partir de su aporte para alcanzar rendimientos altos, medios o bajos.

En la Tabla 2 se presentan los descriptores y los valores edafoclimáticos determinados como aptos o no aptos para el cultivo de la soya de acuerdo con los resultados de la Investigación en la zona.

### ◆ **Evaluación edafoclimática de la Subregión del Piedemonte y Altillanura orinoquense**

Hacen parte de esta subregión los departamentos de Meta, Casanare y Arauca. Se involucra una pequeña parte de Cundinamarca y Boyacá. Tiene una extensión aproximada de 3.5 a 4 millones de hectáreas que equivalen al 24% del área estudiada.

✦ El Piedemonte está conformado por una secuencia de abanicos aluviales coalescentes, mesetas, colinas y valles estrechos que en su conjunto forman un relieve que varía de plano a ondulado, con pendientes menores del 12%. Los suelos presentan con frecuencia pedregosidad y texturas gruesas en las zonas próximas a la cordillera y alejándose de ésta, la pedregosidad disminuye y la texturas se vuelven más finas (limos y arcillas). Los suelos son de texturas variables, el pH es ácido o ligeramente ácido, el contenido de bases intercambiables es medio a bajo, la saturación de aluminio varía de media a alta, el fósforo es aprovechable y el contenido de materia orgánica por lo general es bajo.

✦ Los suelos de la Altillanura plana presentan pendientes menores al 3%, en la mayoría de los casos, son bien drenados, muy pobres en materia orgánica, con contenidos altos de aluminio, de baja a muy baja fertilidad relacionada con muy bajo contenido de fósforo (P) y bases intercambiables. En algunos casos la presencia de capa duras de materiales petroféricos limitan la profundidad efectiva, situación que debe ser analizada en campo. La temperatura promedio anual es de 26°C, y la precipitación varía de 2.000 - 4.000 mm anuales con un periodo seco que va de diciembre a marzo. Los promedios de humedad relativa más bajos se registran entre diciembre y marzo (63 a 78%) y los más altos entre mayo y julio (80 a 88%).

### ◆ **Caracterización y espacialización de zonas aptas para el cultivo de la soya en el Piedemonte y la Altillanura de la Orinoquia**

Con base en la anterior información y sumada la información cartográfica de estos suelos a escala 1:100.000, así como de la información climática para el segundo semestre del año, se lograron establecer unos dominios de recomendación que se

describen a continuación y que se presentan en la Tabla 2, de acuerdo con la oferta edafoclimática de la región para el cultivo de la soya.

**A1 (Sin restricciones o ligeras restricciones):** estas tierras no presentan limitaciones para el uso sostenible del cultivo de soya o presentan limitantes de menor importancia que no afectan de manera significativa la producción, ni elevan las necesidades de insumos, tecnología y costos por encima de lo normal. Se recomienda su uso.

**A2 (Restricciones moderadas):** tierras que pueden presentar alguna limitación de moderada importancia para la producción sostenible del cultivo, que influiría en la reducción del rendimiento potencial o en el uso de insumos o prácticas de manejo adicionales a las normalmente utilizadas. Si bien las ventajas de las tierras para este cultivo son atractivas, son un tanto inferiores a la anterior categoría. Se recomienda su uso después de un análisis en el terreno.

**A3 (Restricciones severas):** tierras que presentan graves e importantes limitantes para el uso sostenible y económico en el cultivo de soya, que reducen de manera importante la producción o que pueden requerir de insumos o prácticas de manejo adicionales, implicando la no-retribución económica del esfuerzo hecho para elevar los niveles de productividad. No se recomienda su uso.

**N (No apta):** las cualidades de estas tierras no permiten un uso sostenido, satisfactorio y económico, pues no cumplen con las mínimas exigencias del cultivo de soya.

Adicionalmente, a partir de los requerimientos ecofisiológicos se generaron algunas cualidades más relevantes; para ello se escogieron las características del suelo y el clima expresadas en la Tabla 2. De acuerdo a la disponibilidad de información se consideraron las siguientes cualidades:

**Régimen de temperatura (tc):** la información se extrajo de la base de datos CLIMCROP del CIAT, la cual posee información mensual promedio o temperaturas máximas y mínimas mensuales de todo el país.

**Humedad disponible (da):** a partir de la información climática, se generaron mapas de precipitación de acuerdo a la calificación del requerimiento. Esta cualidad se expresa como **daa** si la disponibilidad de agua es mayor a la requerida por el cultivo y **dab** si es menor.

**Oxígeno disponible en la rizosfera (do):** la principal característica utilizada fue la condición de drenaje y se calificó cada unidad cartográfica de acuerdo a la clase de drenaje interno, a la condición textural y a la provincia de humedad.

Tabla 2. Requerimientos del cultivo de soya para la subregión del Piedemonte y Altillanura de la Orinoquia.

Requerimientos del cultivo			Clasificación por factores			
Cualidad de la tierra	Factor de Diagnóstico	Unidad	Sumamente apta A1	Moderadamente apta A2	Marginalmente apta A3	No apta N
Régimen de radiación (longitud del día)	Brillo solar	Horas/día	6	6	6	4
Régimen de temperatura	Temperatura diaria promedio	°C	26-28	24-26 29-32	20-24 32-26	36< 20>
Humedad disponible	Precipitación durante el PC	mm	500-600	400-500 600-700	300-400	<300 >700
Oxígeno disponible en la rizosfera	Clase de drenaje del suelo	Clase	4 y 5		3	1, 2 y 6
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	cm	>50	25-50	10-25	<10
Posibilidades de mecanización	Grado de mecanización	Clase	1	2	3	4,5
Nutrientes disponibles (*)	Niveles de fertilidad					
	Nitrógeno	(Kg.ha <sup>-1</sup> )	243-270	216-243	135-216	<135
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(Kg.ha <sup>-1</sup> )	54-60	48-54	30-48	<30
	Potasio (K <sub>2</sub> O)	(Kg.ha <sup>-1</sup> )	101-112	90-101	56-90	<56
	Calcio (Ca)	(Kg.ha <sup>-1</sup> )	61-68	54-61	34-54	<34
	Magnesio (Mg)	(Kg.ha <sup>-1</sup> )	27-30	24-27	15-24	<15
Toxicidades del suelo (Aluminio)	Efecto combinado del aluminio	% Al P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> M.O.	Porcentaje de Al entre 40 y 60% o menos materia orgánica cercana al 4% y disponibilidad de fósforo cercana a 15 ppm.			>60% Al <5ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <2% M.O.
* La información está expresada en niveles de nutrimentos por tonelada de producto (rango producción: máxima 3 t.ha <sup>-1</sup> y mínima 1,5 t.ha <sup>-1</sup> ).						
Clases de drenaje: 1. Muy Pobremente drenado, 2. Pobremente drenado, 3. Imperfectamente drenado, 4. Moderadamente drenado, 6. Excesivamente drenado.						
Posibilidades de mecanización: 1. Mecanización Plena (0-3%), 2. Fácil Mecanización (3-7%), 3. Difícil mecanización (7-12%), 4. Mecanización parcial (12-25%), 5. No mecanizable (>25%)						
Fuente: SIG-CORPOICA, Programa Agroecosistemas C.I Tibaitatá. 2004.						

**Condición de enraizamiento (pe):** la principal característica utilizada fue la profundidad efectiva, asociada a presencia de limitantes físicas o químicas para la penetrabilidad de las raíces.

**Posibilidad de mecanización (pm):** se refiere a la factibilidad de mecanización con implementos mecánicos (tractor, arado, rastrillo, etc.), con base en la pendiente del suelo.

Las condiciones químicas relacionadas con la fertilidad de los suelos no fueron utilizadas en esta evaluación, la gran variabilidad presente en las unidades de tierra dificultó de cierta manera el uso de esta información. Es necesario analizar con cuidado este aspecto para las clases A1 y A2 pues es reconocida la situación de baja fertilidad de los suelos de la Orinoquía Colombiana; de hecho buena parte de la Altillanura en esta subregión fue excluida por condiciones químicas (niveles tóxicos de aluminio y baja fertilidad) y drenaje deficiente.

La evaluación edafoclimática de las tierras para el cultivo de soya en la Orinoquía Colombiana se realizó en aproximadamente 4.000.0000 ha. Se presentan los resultados finales en términos cartográficos con información a escala 1:100.000 para los departamentos de: Arauca, Casanare y Meta. Se incluye parte de la zona limítrofe entre el Meta y los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Los resultados se presentan a nivel de clase y subclase; esta última determina la situación restrictiva de la cualidad o cualidades de la tierra en cada clase.

Los resultados obtenidos indican que el 19% de las tierras no presentan ningún tipo de restricción importante para la siembra del cultivo de la soya; el 22% presentan restricciones moderadas principalmente climáticas, donde la alta disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento de la soya es el factor más limitante; el 15% presentan severas restricciones para la siembra del cultivo de soya, principalmente desde el punto de vista edáfico (drenaje, profundidad efectiva y mecanización del suelo); y el 43% de las tierras evaluadas no son aptas debido principalmente al exceso de agua y a las condiciones de drenaje deficiente del suelo, Figura 1, Tabla 3.

A continuación se describen las unidades de tierra resultantes a nivel de clase y subclase que permiten interpretar con detalle los resultados:

### **CLASE A1. Sin restricciones**

Unidades de tierra cuyos suelos reúnen todos los requerimientos exigidos por el cultivo o presentan muy ligeras restricciones, que no afectan el rendimiento y manejo

Tabla 3. Distribución de las clases y subclases de restricción para el establecimiento del cultivo de soya en el Piedemonte y Altillanura Plana de la Orinoquía Colombiana.

EVALUACION		ARAUCA	BOYACA	CASANARE	CUNDINAMARCA	META	TOTAL
A1	A1	1 615		137.725		611.431	750.771
A2	A2daa	33 856		133.485	2	452 056	619.399
	A2daa-pe	53 461		77.025		27.911	158.397
	A2daa-pm			401		15.093	15.494
	A2daa-pm-pe	9.289		72		17	9.378
	A2pe	2.695		9.524			12.219
	A2pm			118		50.541	50.659
	A2pm-pe	2.288					2.288
A3	A3do			595	1	132.756	133.352
	A3pe	20 188		23.604		1.873	45.665
	A3pm	2 375		40 405		48.883	91.663
	A3pm-pe			4.016		349.250	353.266
N	Ndaa1	76 230	256	60 651	69 819	517.429	724.385
	Ndaa2	66 713	1.193	116 073	33.758	46 137	263.874
	Ndo	38.960		394.782		69 374	503.116
	Npm	58 723		81 501		93.770	233.994
	Npm-pe	7		10.572			10.579
	SI			15 279	14	1.109	16.402
<b>TOTAL</b>		<b>366.400</b>	<b>1.449</b>	<b>1.105.828</b>	<b>103.594</b>	<b>2.417.630</b>	<b>3.994.901</b>

Fuente: SIG CORPOICA. Programa Agroecosistemas. C.I. Tibaitatá. 2004.

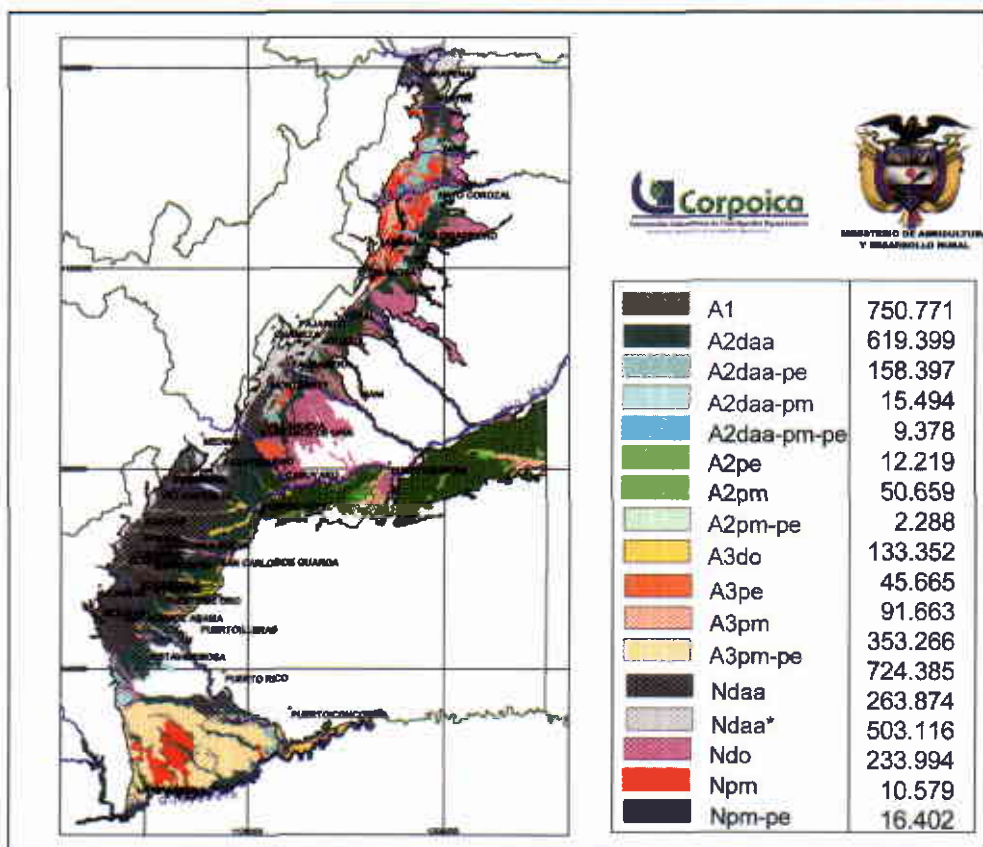
de manera importante. Suelos con profundidades efectivas mayores a 50 cm, bien a moderadamente bien drenados, plenamente mecanizables (pendiente < 3%), temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. Es necesario analizar detalladamente la condición de fertilidad natural de los suelos, y la susceptibilidad a problemas fitosanitarios de los materiales a sembrar. Pertenecen a esta unidad 750.771 ha.

### CLASE A2. Restricciones moderadas

Unidades de tierra que presentan al menos una cualidad calificada en grado moderado de restricción, situación que podría afectar ligeramente el normal desarrollo fisiológico del cultivo o que requeriría de especial atención en las prácticas de manejo del cultivo. Pertenecen a esta unidad 867.834 ha.

#### Subclase moderada por disponibilidad de agua

**A2daa.** Suelos con profundidades efectivas mayores a 50 cm, bien a moderadamente drenados, plenamente mecanizables (pendiente < 3%), temperaturas promedio



Fuente: SIG-CORPOICA, C.I. Tibaitatá. Programa de Agroecosistemas, Febrero de 2005.

Figura 2. Evaluación edafoclimática para el cultivo de soya en el Piedemonte y la altillanura de la Orinoquia Colombiana.

ligeramente inferiores al óptimo del cultivo y niveles de precipitación (600 y 700 mm durante el periodo de crecimiento) levemente superiores al óptimo del cultivo. Se debe prestar atención a la distribución de las lluvias y temperaturas máximas para evitar problemas sanitarios. Pertenecen a esta unidad 619.399 ha.

### Subclase moderada por cualidades edáficas y disponibilidad de agua

**A2daa-pe.** Suelos con profundidades efectivas levemente inferiores al óptimo del cultivo (25 a 50 cm), bien a moderadamente drenados, plenamente mecanizables (pendiente < 3%), temperaturas promedio ligeramente inferiores al óptimo del cultivo y

niveles de precipitación (600 y 700 mm durante el periodo de crecimiento) levemente superiores al óptimo del cultivo. Se debe prestar atención a la distribución de las lluvias para evitar problemas sanitarios al momento de cosecha. Pertenecen a esta unidad 158.397 ha.

**A2daa-pm.** Suelos con profundidades efectivas mayores a 50 cm, bien a moderadamente drenados, fácilmente mecanizables (pendiente 3-7%), temperaturas promedio ligeramente inferiores al óptimo del cultivo y niveles de precipitación (600 y 700 mm durante el periodo de crecimiento) levemente superiores al óptimo del cultivo. Se debe prestar atención a la distribución de las lluvias para evitar problemas sanitarios al momento de cosecha. Pertenecen a esta unidad 15.494 ha.

**A2daa-pm-pe.** Suelos con profundidades efectivas entre 25 y 50 cm (levemente inferiores al óptimo del cultivo), bien a moderadamente drenados, fácilmente mecanizables (pendiente 3-7%), temperaturas promedio ligeramente inferiores al óptimo del cultivo y niveles de precipitación (600 y 700 mm durante el periodo de crecimiento) levemente superiores al óptimo del cultivo. Se debe prestar atención a la distribución de las lluvias para evitar problemas sanitarios al momento de cosecha. Pertenecen a esta unidad 9.378 ha.

#### **Subclase moderada por cualidades edáficas**

**A2pc.** Suelos bien a moderadamente drenados, plenamente mecanizables (pendiente <3%), temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. La profundidad efectiva puede ser levemente inferior al óptimo del cultivo (25 a 50 cm). Pertenecen a esta unidad 12.219 ha.

**A2pm.** Suelos con profundidades efectivas mayores a 50 cm, bien a moderadamente drenados, temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. La pendiente de los suelos está entre 3 y 7% lo que podría dificultar levemente la mecanización del cultivo. Pertenecen a esta unidad 50.659 ha.

**A2pm-pe.** Suelos bien a moderadamente bien drenados, temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. La profundidad efectiva es levemente inferior al óptimo del cultivo y la mecanización se puede dificultar debido a la pendiente (3-7%). Pertenecen a esta unidad 2.288 ha.

### **CLASE A3. Restricciones severas**

Unidades de tierra que presentan al menos una cualidad calificada en grado severo de restricción, situación que requiere de la implementación de prácticas adicionales de manejo, que afecta de manera directa el normal desarrollo fisiológico del cultivo y puede causar disminuciones importantes en la producción. Pertenecen a esta unidad 623.946 ha.

#### **Subclase marginal por condiciones edáficas**

**A3do.** Suelos con profundidades efectivas mayores a 50 cm, plenamente mecanizables (pendiente <3%), temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. Suelos imperfectamente drenados que limitan la siembra de este cultivo. Pertenecen a esta unidad 133.352 ha.

**A3pc.** Suelos plenamente mecanizables (pendiente <3%), bien a moderadamente bien drenados, temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. Estos suelos son superficiales (10 a 25 cm) condición que puede limitar de manera importante la siembra de este cultivo. Pertenecen a esta unidad 45.665 ha.

**A3pm.** Suelos bien a moderadamente bien drenados, con profundidades efectivas mayores a 50 cm, temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. Estos suelos son de difícil mecanización (pendiente 7-12%) condición que puede limitar de manera importante la siembra de este cultivo. Pertenecen a esta unidad 91.663 ha.

**A3pm-pe.** Suelos bien a moderadamente bien drenados, temperaturas promedio de 27 °C y niveles de precipitación de 600 mm durante el periodo de crecimiento, que garantizan el suministro de las necesidades hídricas del cultivo. Estos presentan serias limitantes para su uso en soya por ser superficiales (10-25 cm) y de difícil mecanización (pendiente 7-12%). Pertenecen a esta unidad 353.266 ha.

### **CLASE N: No apta**

Unidades de tierra que presentan al menos una cualidad calificada en grado no apto, dependiendo de la subclase. Esta situación puede ser permanente, es decir que

la situación es de tal impacto en el cultivo, que no deben establecerse plantaciones de soya en las unidades así calificadas. Si la situación de restricción puede solucionarse con practicas de adecuación o tecnología disponible pero muy costosa, estas unidades podrían ser revaluadas, siembre y cuando el costo económico sea compensado por la producción. Pertenecen a esta unidad 1.735.948 ha.

### **Subclase no apta por condiciones climáticas**

**Ndaa.** Unidades de tierra cuyos suelos reúnen la mayoría de los requerimientos exigidos por el cultivo. Sin embargo, las temperaturas promedio son inferiores a las requeridas por el cultivo y los niveles de precipitación durante el periodo de crecimiento son mayores a 700 mm, situación que causa problemas sanitarios al momento de siembra o cosecha, que limita completamente su uso en el cultivo de soya. Pertenecen a esta unidad 724.385 ha.

**Ndaa\*.** Tierras en diversos ambientes fisiográficos y variadas condiciones de drenaje, profundidad efectiva, grados de pendiente y temperatura, igualmente limitantes; caracterizados por presentar niveles de precipitación durante el periodo de crecimiento (>700 mm) muy superiores a los exigidos por el cultivo, que favorecerían de manera drástica la proliferación de problemas sanitarios y que impiden completamente su uso en soya. Pertenecen a esta unidad 263.874 ha.

### **Subclase no apta por condiciones edáficas**

**Ndo.** Tierras que si bien presentan buenas condiciones de profundidad efectiva, mecanización y clima, presentan suelos ya sea excesivamente drenados o muy pobremente drenados, que en cualquiera de los dos extremos limitan completamente y de manera drástica la siembra del cultivo de soya. Pertenecen a esta unidad 503.116 ha.

**Npm.** Tierras que si bien presentan buenas condiciones de profundidad efectiva, drenaje y clima, presentan suelos difícilmente mecanizables pues la pendiente es mayor del 12%. Esta circunstancia limita de manera importante la preparación, mantenimiento y cosecha del cultivo de soya. Pertenecen a esta unidad 233.994 ha.

**Npm-pe.** Tierras que si bien presentan buenas condiciones de drenaje y clima, presentan suelos superficiales (<10 cm) y difícilmente mecanizables debido a que la pendiente es mayor del 12%. Esta doble condición impide su uso en el cultivo de soya. Pertenecen a esta unidad 10.579 ha.

## Área no evaluada y exclusiones del estudio

**Área sin información:** unidades de tierra que por sus características edáficas y ambientales no reúnen los mínimos requerimientos para la siembra del cultivo de soya. Pertenecen a esta unidad 16.402 ha.

Con base en lo anterior se pueden establecer estudios adicionales de competitividad económica, de acuerdo a los “cluster” resultantes del análisis entre la demanda de materia prima, la ubicación de las mejores tierras para producirla, con respecto a la localización de la industria de balanceados, que permitirán orientar la toma de decisiones relacionadas con el establecimiento u ordenamiento de la industria avícola y/o porcícola nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

1. LEÓN, J. G.; LECRERC, G. 2000. Guía para el uso de Climcrop 1.3. Restricciones climáticas para cultivos en Colombia. CIAT- Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Agrícola. Palmira. Valle. Colombia.
2. CORPOICA-IGAC. 2002. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. Mapa de usos de la tierra. Bogotá, D.C.
3. CORPOICA; MADR. 2004. Zonificación y caracterización de las áreas soyeras actuales y potenciales y evaluación de sus ventajas comparativas en Colombia. Informe Final. Programa de agroecosistemas. 23 p.
4. Dibb, D. 2000. Eficiencia en el uso de nutrientes: verdades y mitos. Informaciones agronómicas. No. 41, p. 1-7.
5. FAO. 1985. Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura de secano. Boletín de suelos de la FAO 52. Servicio de recursos, manejo y conservación de suelos. Dirección de fomento de tierras y aguas.
6. ICA-IGAC. 1985. Mapa de zonas agro ecológicas homogéneas de Colombia. Bogotá, Colombia.
7. ICA-IGAC. 1985. Zonas agro ecológicas homogéneas de Colombia. Memoria explicativa. Bogotá, Colombia.
8. IGAC. 1981. Estudio de suelos del Departamento del Atlántico.
9. IGAC. 1979. Estudio de suelos del Departamento de Antioquia.
10. IGAC. 1997. Estudio general de los suelos del Departamento del Cesar.
11. IGAC. 1988. Estudio de suelos del Departamento de Caldas.
12. IGAC. 1992. Estudio de suelos del Departamento del Casanare.

13. IGAC. 1994. Estudio de suelos del Departamento del Huila.
14. IGAC. 1996. Estudio de suelos del Departamento del Quindío.
15. IGAC. 1988. Estudio de suelos del Departamento del Risaralda.
16. IGAC. 1982. Estudio General de los suelos de la Región Nororiental del Departamento del Cauca.
17. IGAC. 1985. Estudio general de suelos de los municipios Ariguaní, Chivolo, Pedraza, Plato y Tenerife (Magdalena).
18. IGAC. 1976. Estudio General de suelos de los municipios de Cerro de San Antonio, El Peñón, Salamina, Remolino, Sitio Nuevo y Pueblo Viejo (Magdalena).
19. IGAC. 1976. Estudio general de suelos de los municipios de Rosas, La Sierra, La Vega, Patía, Bolívar, San Sebastián, Balboa, Argelia, Patía (El Bordo), Cauca..
20. IGAC. 1976. Estudio general de suelos de los municipios de Santander, Quilichao, Piendamó, Morales, Buenos Aires, Cajivío y Caldonó (Cauca).
21. IGAC. 1971. Estudio general de suelos de los municipios para fines agrícolas de Banco y Guamal (Magdalena).
22. IGAC. 1983. Estudio general de suelos de los municipios que conforman la parte media y baja del río Sinú (Depto. de Córdoba).
23. IGAC. 1986. Estudio general de suelos de los Sectores Sur y Suroeste del Departamento de Cundinamarca.
24. IGAC. 1986. Estudio general de suelos del Departamento de Arauca.
25. IGAC. 1986. Estudio general de suelos del Departamento de Meta.
26. IGAC. 1977. Estudio general de suelos del sector El Aguila, Yotoco. Cordillera Occidental (Valle del Cauca).
27. IGAC. 1978. Estudio general de suelos del sector quebrado de los municipios de Restrepo, Cali, Jamundí. Cordillera Occidental (Valle del Cauca).
28. IGAC. 1989. Estudio general de suelos del sur-oriente del Departamento de Nariño.
29. IGAC. 1969. Estudio general de suelos para fines agrícolas del sector quebrado de los municipios de Santa Marta y Ciénaga (Magdalena).
30. IGAC. 1969. Estudio semidetallado de suelos del sector plano del Municipio de Ciénaga, para fines Agrícolas (Magdalena).
31. IGAC. 1969. Estudio semidetallado de suelos para fines agrícolas, del sector plano del municipio de Fundación (Magdalena).
32. MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A. 1993. Fertilización de cultivos en clima cálido. Editor. Guerrero R.R. pp: 253-168.
33. TANAKA, R.T.; MASCAREHAS, H.; BORKET, C. 1993. Nutricao Mineral Da Soja. En: Cultura da Soja Nos Cerrado. Associcao Brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato. Ed: Eustaquio A.; Itama M. De Souza, pp. 105-136.