

CONCEPT NOTE

CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA CERTIFICACIÓN LOW ILUC DE LA SOJA DE SEGUNDA

Eficiencia en el uso de la superficie e intensificación productiva en un sistema de producción de energía

Julio 2026

Documento elaborado para CIARA/CARBIO.

Autores: Papendieck, Sabine; Tieri, María Paz; Minaglia, Mariano

1. Marco normativo y planteo del problema

El enfoque de ILUC (cambio indirecto en el uso del suelo, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea (UE) se establece en la **Directiva (UE) 2018/2001 (RED II)**, particularmente en su Art. 26(2), y se operacionaliza mediante el **Reglamento Delegado (UE) 2019/807**, que introduce un enfoque basado en riesgo. Este define las condiciones que categorizan la biomasa como de *High ILUC-risk* y establece las vías para que la biomasa adicional pueda alcanzar una certificación *Low ILUC*. Todo ello se demuestra y audita mediante el procedimiento del **Reglamento de Ejecución (UE) 2022/996**.

En su estado actual, el esquema descansa sobre una **línea de base dinámica de rendimiento**: la adicionalidad se prueba demostrando que el proyecto produce «más toneladas por hectárea» que una tendencia de referencia proyectada linealmente. Este planteo presenta dos limitaciones estructurales para el caso argentino de la soja. Primero, mide de forma *indirecta* (por medio del rendimiento) un fenómeno que es *directo* al ILUC (la superficie ocupada). Segundo, evalúa cultivo por cultivo y no reconoce el valor sistémico de la **intensificación vertical**, esto es, obtener más producto y más energía desde la misma hectárea en un mismo año calendario mediante un sistema de cultivos secuenciales (como por ejemplo: una soja de segunda sobre un cultivo antecesor).

Sobre esta base se proponen **dos criterios metodológicos complementarios**, desarrollados por separado a continuación, que se desprenden del mismo marco normativo europeo y de la lógica técnica que sustenta la certificación Low ILUC-risk (European Commission, 2016; Peters et al., 2016): el **Criterio 1 (Land Sparing)** evidencia la eficiencia en el uso de la superficie; el **Criterio 2 (Matriz Energética de Intensificación Superficie-Temporal)** justifica la intensificación productiva del sistema secuencial tomando la soja de segunda como cultivo adicional dentro de un sistema de producción de energía.

2. Criterio 1 — Línea Base Dinámica de Superficie (Land Sparing)

2.1. Propuesta y fundamento

Se propone **suplantar de manera alternativa directa la Línea de Base Dinámica de Rendimiento por una Línea Base Dinámica de Superficie** como evolución metodológica. El fundamento es triple:

- Pasar de una medición *indirecta* (el rendimiento) a una **medición directa del fenómeno que afecta al ILUC (la superficie)**. La superficie constituye el indicador físico directamente relacionado con el riesgo de expansión agrícola que el régimen ILUC pretende evitar.

- Debe evidenciarse la estabilidad o la disminución de la ocupación de superficie manteniendo o aumentando la producción antecedente.
- El concepto resalta **la superficie evitada/ahorrada** (Land Sparing) en lugar de la superficie nueva por desplazamiento o cambio de uso del suelo.

La adicionalidad deja así de entenderse exclusivamente como «producir más toneladas» y pasa a definirse como **«producir lo mismo o más, liberando o no demandando nuevas hectáreas»**. Este enfoque se alinea de manera más rigurosa con el objeto mismo del reglamento (ILUC) y con los principios de inventario de las normas ISO 14067 y las directrices del IPCC.

2.2. Procedimiento de cálculo

- 1) Contemplar la superficie de SOJA de 1ra de los últimos 5 años previos a la intervención.
- 2) Calcular la línea de tendencia mediante la ecuación de la recta.
- 3) Proyectar los valores teóricos a 10 años con la pendiente de la recta (Sup. Teórica).

2.3. Condiciones esperadas

- 1) A partir de la intervención, **la pendiente de la superficie REAL de soja de 1ra debe ser negativa** (o igual a la pendiente proyectada).
- 2) **El delta entre superficie teórica y superficie real debe ser creciente (pendiente positiva): superficie efectivamente evitada.**
- 3) **La disminución de superficie de soja de 1ra debe coincidir con un incremento de la producción total de soja** (pendiente positiva del índice producción/superficie). De esta manera se descarta que la caída en la superficie se debe dejar de producir soja¹.

Tabla 1. ¿Cómo utilizamos nuestra superficie? Superficie de soja de 1ra: teórica proyectada vs. real (ha).

Período	Año	Sup. Teórica (ha)	Sup. Real (ha)	Delta (ha)
SY-5	2009	16.245.988	16.245.988	—
SY-4	2010	15.953.404	15.953.404	—
SY-3	2011	15.347.132	15.347.132	—
SY-2	2012	16.456.165	16.456.165	—
SY-1	2013	16.564.390	16.564.390	—
Y0	2014	16.227.372	15.719.645	—
Y1	2015	16.341.329	16.782.993	-441.664
Y2	2016	16.455.285	13.687.752	2.767.533
Y3	2017	16.569.242	12.748.937	3.820.305
Y4	2018	16.683.198	12.254.127	4.429.071
Y5	2019	16.797.155	11.484.887	5.312.268
Y6	2020	16.911.111	11.299.935	5.611.176
Y7	2021	17.025.068	10.496.551	6.528.517
Y8	2022	17.139.024	11.401.199	5.737.825
Y9	2023	17.252.981	12.019.579	5.233.402
Y10	2024	17.366.937	12.483.086	4.883.851

Fuente: Elaboración propia sobre datos de superficie sembrada de soja de 1ra (campañas 2008/09–2024/25). SY = años previos a la intervención; Y0–Y10 = ventana de proyecto.

¹ Este ejercicio está realizado para el cultivo soja específicamente. De aplicarse este cálculo para otro cultivo debe considerarse el incremento en la producción total de biomasa certificable.

La lectura es directa: mientras la superficie *teórica* (business-as-usual) proyecta un crecimiento sostenido hasta ~17,4 M ha, la superficie *real* de soja de 1ra se contrae hasta ~12,5 M ha. **El «delta» —la superficie efectivamente evitada— es creciente y se estabiliza en el orden de 5 a 6,5 M ha por campaña.**

Tabla 2. Verificación de las tres condiciones de adicionalidad por superficie.

Condición	Indicador	Valor (pendiente)	Criterio	Resultado
Condición 1	Pendiente superficie real (Y1–Y10)	-379.229 ha/año	< 0 (decreciente)	✓ OK
Condición 2	Pendiente del delta (evitada)	+493.185 ha/año	> 0 (creciente)	✓ OK
Condición 3	Pendiente del índice prod./sup.	+0,0284 /año	> 0 (creciente)	✓ OK

Fuente: Elaboración propia. Pendientes calculadas por regresión lineal (SLOPE) sobre la ventana de proyecto.

2.4. Menos superficie no significa menos producción, sino mayor eficiencia

La objeción esperable es si la caída de superficie implica una caída de producción. La evidencia muestra lo contrario: el **índice de eficiencia territorial** (producción total de soja ÷ superficie de soja de 1ra) **aumenta de forma sostenida a lo largo de la ventana de proyecto, confirmando la Condición 3.**

Tabla 3. Índice de eficiencia territorial (producción total de soja / superficie de soja de 1ra).

Período	Año	Producción total (Tn)	Sup. soja 1ra (ha)	Índice (Tn/ha)
SY-5	2009	53.247.361	16.245.988	3,28
SY-1	2013	53.398.720	16.564.390	3,22
Y0	2014	61.398.277	15.719.645	3,91
Y2	2016	54.972.547	13.687.752	4,02
Y4	2018	55.263.899	12.254.127	4,51
Y7	2021	43.857.861	10.496.551	4,18
Y10	2024	51.107.841	12.483.086	4,09

Fuente: Elaboración propia. Selección de campañas representativas. El índice pasa de ~3,2 (pre-intervención) a ~4,0–4,5 (ventana de proyecto).

En síntesis, **el sistema argentino libera superficie de soja de 1ra a la vez que sostiene o incrementa la producción total: intensificación vertical pura. La adopción de una Línea Base Dinámica de Superficie captura este fenómeno —invisible bajo la métrica de rendimiento— y fortalece la solidez de los Análisis de Ciclo de Vida (LCA) sectoriales.**

3. Criterio 2 — Matriz Energética de Intensificación Superficie-Temporal

3.1. Propuesta y fundamento

La UE evalúa el ILUC asumiendo que un aumento de la demanda de cultivos bioenergéticos *desplaza* la producción de alimentos hacia tierras no agrícolas, generando competencia alimento-vs-energía. Para rebatir este supuesto se propone que **el sistema secuencial, por intensificación productiva vertical, desacopla parcialmente la producción de alimentos y biomasa energética respecto del uso de la tierra:** la soja de segunda no compite por superficie con el cultivo de alimento, sino que se produce *sobre la misma hectárea y en el mismo año calendario*, después del cultivo antecesor.

El giro metodológico central es el de la **unidad de análisis**. Esta no puede ser «una tonelada de soja», sino **«una hectárea en un año calendario»**, bajo un enfoque sistémico que emplea una variable común a la producción de alimento y de biocombustible: la **capacidad energética del sistema (MJ)**. Bajo esta unidad,

la soja de segunda se computa como un cultivo adicional que incrementa la densidad energética del sistema sin demandar superficie nueva.

3.2. Matriz energética por escenario (Campaña 2024)

Se comparan cuatro escenarios de manejo sobre una misma hectárea, contabilizando la energía de tres fracciones:

- a) **Alimento** (grano destinado a alimentación, 18 MJ/kg),
- b) **Biocombustible** (fracción aceite/proteína con destino energético, 37 MJ/kg) y
- c) **Biomasa/Rastrojo + Raíces** (17,6-18,5 MJ/kg)². El escenario 2 (S2: Trigo + Soja de 2da) es el sistema secuencial de referencia.

Tabla 4. Matriz energética por escenario — energía útil por fracción (MJ/ha).

Escenario	Alimento (MJ/ha)	Biocombustibles (MJ/ha)	Biomasa/Rastrojo + Raíces (MJ/ha)
S1: Soja 1ra (monocultivo)	44.466	22.850	135.594
S2: Trigo + Soja 2da	100.030	19.029	247.004
S3: Barbecho + Soja 2da	37.030	19.029	112.919
S4: Trigo + Moha (verdeo de verano)	54.720	0	144.076

Fuente: Elaboración propia (Campaña 2024). S2 resaltado = sistema secuencial de referencia.

Nota: Poder calorífico inferior (PCI) referencia: (UE) 2022/996 - ANEXO IX + Hercher-Pasteur, J et al. 2026.

3.3. Eficiencia de adicionalidad: producto y sistema

Tomando S1 (monocultivo de soja de 1ra) como energía basal (índice = 1,00), se calculan dos eficiencias. La **Eficiencia de Adicionalidad–Producto** considera la energía sobre el suelo (Alimento + Biocombustible); la **Eficiencia de Adicionalidad–Sistema** incorpora además la biomasa/rastrojo, es decir, el aporte del sistema al balance de carbono del suelo.

Tabla 5. Eficiencia de adicionalidad energética por escenario (base S1 = 1,00).

Escenario	Total S/suelo (MJ/ha)	Ef. Producto	Total C/suelo (MJ/ha)	Ef. Sistema
S1: Soja 1ra (basal)	67.316	1,00	202.910	1,00
S2: Trigo + Soja 2da	119.059	1,77	366.063	1,80
S3: Barbecho + Soja 2da	56.059	0,83	168.978	0,83
S4: Trigo + Moha (verdeo de verano)	54.720	0,81	198.796	0,98

Fuente: Elaboración propia. «S/suelo» = Alimento + Biocombustible; «C/suelo» = incluye Biomasa/Rastrojo.

El resultado es concluyente. **El sistema secuencial S2 aporta un 77 % más de energía de producto por hectárea que el monocultivo (Ef. Producto 1,77) y un 80% más de energía a nivel sistema (Ef. Sistema 1,80). El agregado de la soja de segunda no desplaza al cultivo de alimento (el trigo): lo complementa sobre la misma superficie, elevando simultáneamente la energía alimentaria (de 44.466 a 100.030 MJ/ha) y manteniendo la fracción con destino energético.**

3.4. Cuantificación de la energía adicional del cultivo de segunda

La energía adicional atribuible al paso de monocultivo (S1) a sistema secuencial (S2) se obtiene por diferencia de la energía de producto sobre el suelo:

² Hercher-Pasteur, J., Vibart, R., Mazzetto, A., Tieri, M. P., Faverin, C., Stirling, S., ... & Romera, A. (2026). Integrated crop-ruminant livestock systems as a strategy to increase energy, carbon and nutrient circularity: Exploring scenarios in dairy production systems across the southern hemisphere. *Agricultural Systems*, 233, 104616.

Tabla 6. Energía adicional del sistema secuencial y equivalente en grano.

Concepto	Valor	Unidad
Energía basal (S1)	67.316	MJ/ha
Energía sistema secuencial (S2)	119.059	MJ/ha
Energía adicional (S2 – S1)	51.743	MJ/ha
Poder energético de la soja	21,8	MJ/kg
Soja adicional equivalente	2.373,5	kg/ha

Fuente: Elaboración propia. La energía adicional se convierte a grano equivalente dividiendo por el poder energético de la soja (21,8 MJ/kg).

En términos operativos, **la intensificación vertical del escenario 2 genera 51.743 MJ/ha adicionales, equivalentes a $\approx$ 2.374 kg de soja por hectárea producidos sin incorporar una sola hectárea nueva.** Esta es, precisamente, la biomasa adicional real que el esquema Low ILUC busca reconocer: producto de una intensificación temporal (segundo cultivo en el mismo año) y no de una expansión de la frontera agrícola.

4. Conclusión

Los dos criterios son complementarios y se refuerzan mutuamente.

- El **Criterio 1** demuestra, a escala sectorial y con la métrica correcta (superficie), que **el sistema argentino libera hectáreas mientras sostiene la producción —eficiencia territorial creciente y superficie evitada del orden de 5–6,5 M ha—.**
- El **Criterio 2** demuestra, a escala de sistema y con una unidad energética común (MJ/ha·año), que **la soja de segunda es un cultivo adicional que rompe la falsa dicotomía alimento-vs-energía, aportando un 77 % más de energía de producto sobre la misma hectárea.**

En conjunto, ambos criterios sostienen que la adicionalidad de la biomasa soja no debe medirse «cultivo por cultivo» ni «tonelada por tonelada», sino como la capacidad del sistema de producir más alimento y más energía desde la misma superficie, en línea con el principio de *intensificación sostenible de la producción* (FAO, 2011).

Referencias

- European Commission. (2016). *Commission Staff Working Document. Impact Assessment accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)* (SWD(2016) 418 final, 30 November 2016). Brussels: European Commission
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2011). *Save and Grow: A Policymaker's Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production*. Roma: FAO. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/328012/>
- FAO. AGROVOC Multilingual Thesaurus. Concepto «cropping systems» (c_1971): https://agrovoc.fao.org/browse/agrovoc/en/page/c_1971
- FAO. AGROVOC Multilingual Thesaurus. Concepto «sequential cropping» (c_6977): https://agrovoc.fao.org/browse/agrovoc/en/page/c_6977

- Hercher-Pasteur, J., Vibart, R., Mazzetto, A., Tieri, M. P., Faverin, C., Stirling, S., ... & Romera, A. (2026). Integrated crop-ruminant livestock systems as a strategy to increase energy, carbon and nutrient circularity: Exploring scenarios in dairy production systems across the southern hemisphere. *Agricultural Systems*, 233, 104616.
- Koli, M.; Laxman, T.; Kashyap, M.; Kumar, A.; Nandan, D.; Jain, M.; Bajad, S.; Kumar, M. (2025). Interaction Effect of Crop Rotation and Diversification on Soil Health and Productivity: A Review. *Archives of Current Research International*, 25(10), 57–72. <https://doi.org/10.9734/acri/2025/v25i101547>
- Maitra, S.; Hossain, A.; Brestic, M.; Skalicky, M.; Ondrisik, P.; Gitari, H.; Brahmachari, K.; Shankar, T.; Bhadra, P.; Palai, J.B.; et al. (2021). Intercropping—A Low Input Agricultural Strategy for Food and Environmental Security. *Agronomy*, 11(2), 343. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>
- Peters, D., Spöttle, M., Hähl, T., Kühner, A.-K., Cuijpers, M., Stomph, T. J., van der Werf, W., & Grass, M. (2016). *Methodologies for the identification and certification of low ILUC-risk biofuels: Final report*. ECOFYS Netherlands, prepared for the European Commission, Directorate-General for Energy (DG ENER). Utrecht, The Netherlands.