

# Aproximación a un indicador para estimar la magnitud del esfuerzo físico en las labores de cultivo

## Approach to an indicator to estimate the magnitude of physical effort in crop labors

Oscar Iván Monsalve Camacho <sup>1</sup>, Nadia Yurany Luque Sanabria <sup>2</sup>, Martha Cecilia Henao Toro <sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. ✉ [oimonsalvec@unal.edu.co](mailto:oimonsalvec@unal.edu.co)

<sup>2</sup>Corporación Colombiana de investigación agropecuaria AGROSAVIA, ✉ Colombia. [nluque@agrosavia.co](mailto:nluque@agrosavia.co)

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. ✉ [mchenaot@unal.edu.co](mailto:mchenaot@unal.edu.co)

Recibido: 21-04-2020 Aceptado: 10-09-2020

### Resumen

A escala finca los indicadores sociales de sostenibilidad agrícola más comunes son las horas-labor y la estacionalidad de la mano de obra. La magnitud del esfuerzo físico que los trabajadores invierten en las actividades agrícolas normalmente no se utiliza como un indicador de eficiencia y sostenibilidad; por esta razón, en este estudio se propone el Esfuerzo de Labor Agrícola ( $EL_B$ ) como indicador de este tipo. Para calcularlo, se establecieron cinco grados de esfuerzo de labor (GE) y una clasificación de las labores de cultivo con un GE asignado. Para probar el método, se estimó  $EL_B$  en cuatro sistemas de producción de papa en dos sitios con pendientes diferentes. Los resultados mostraron que, la pendiente o inclinación del terreno tiene una influencia más significativa sobre el  $EL_B$  que el nivel de tecnificación del cultivo. El sistema no tecnificado en terreno inclinado (MuiNo) genera el mayor  $EL_B$  (4.67), correspondiente al máximo esfuerzo de labor. El sistema medianamente tecnificado en terreno plano (PlnMd) presentó la menor  $EL_B$  (1.69), correspondiente a poco esfuerzo de labor. Se espera que este indicador pueda ser incluido en la dimensión social de los análisis de sostenibilidad agrícola a escala finca.

**Palabras clave:** Bienestar humano; Indicadores sociales; *Solanum tuberosum*; Sostenibilidad agrícola.

### Abstract

At the farm level, the most common social indicators are hours of work (wages) and the seasonality of labor. The magnitude of physical effort that workers invest in agricultural activities is not used as an indicator. In this sense, the work effort indicator ( $WE_F$ ) is proposed. To calculate  $WE_F$ , five degrees of work effort (GE) were established; a classification of the cultivation tasks was carried out, and each one was assigned a GE. To test the method, the  $WE_F$  of four potato production systems at two land slopes was calculated. The results suggest that the slope of the land has a more significant influence than the level of technification on  $WE_F$ . The non-technical system on sloping land (MuiNo) generates the highest  $WE_F$  (4.67), corresponding to the maximum work effort. The moderately technified system on flat land (PlnMd) obtained the lowest  $WE_F$  (1.69), corresponding to little labor effort. It is expected that this indicator can be included in the social dimension of farm-scale agricultural sustainability analyzes.

**Key words:** Agricultural sustainability; Human welfare; Social indicators; *Solanum tuberosum*.

## Introducción

En las evaluaciones de sostenibilidad agrícola a escala de finca (dentro de una misma región de estudio), las dimensiones ambiental y económica disponen de un número considerable de indicadores que se derivan directamente de las actividades agrícolas del sistema de producción. Para esta escala, sin embargo, la disponibilidad de indicadores en la dimensión social es limitada, siendo las horas labor y la estacionalidad de la mano de obra los más comunes (Gómez y Riesgo, 2009; Van Asselt et al., 2014). A enfoques geográficos mayores (p.ej., nacional o global) se pueden encontrar más de 150 indicadores sociales (Finkbeiner et al., 2010), la mayoría asociados a políticas gubernamentales. Estos abarcan desde salud humana, derechos de las mujeres y educación, hasta sindicatos, responsabilidad social de las compañías y distribución de la población (Finkbeiner et al., 2010). Estos indicadores aplican al evaluar sistemas productivos en dos o más regiones, con políticas de gobierno diferenciales. Al disminuir el área geográfica, las leyes se van aplicando de la misma forma para todos los sistemas productivos en evaluación (comparación) y el efecto diferencial de estas políticas se diluye, reduciéndose, al mismo tiempo, el número de indicadores sociales con posibilidad de medición.

A pesar de que la dimensión social de la sostenibilidad evalúa el bienestar de los trabajadores, en los marcos de evaluación de la sostenibilidad agrícola no se utilizan indicadores que representen el esfuerzo humano que exigen las labores de cultivo de los sistemas de producción que se están comparando (p.ej., Bélanger et al., 2012; Bockstaller et al., 2015; Castellini et al., 2012; De Olde et al., 2016; Dizdaroglu y Yigitcanlar, 2014; Marchand et al., 2014; Paracchini et al., 2015; Peano et al., 2014; Ryan et al., 2016; Schader et al., 2016; Schindler et al., 2015; Van Passel y Meul, 2012). Cada sistema productivo tiene labores de cultivo que implican un mayor o menor esfuerzo físico, incluso dentro de la misma especie cultivada. Este esfuerzo, que se deriva directamente de las actividades de cultivo, puede medirse empíricamente a través de la percepción de los trabajadores (Borg, 1982, 1990) e incluirse como un indicador dentro de la dimensión social de la sostenibilidad.

Con el presente trabajo se propone el indicador Esfuerzo de Labor Agrícola ( $EL_B$ ) como estimador del esfuerzo físico requerido para llevar a cabo las labores de cultivo de los sistemas de producción agrícola a nivel de finca o parcela. En este trabajo,  $EL_B$  se evalúa con un estudio de caso en papa.

## Materiales y métodos

### Construcción del indicador Esfuerzo de Labor Agrícola ( $EL_B$ )

$EL_B$  es un indicador que permite la comparación de diferentes sistemas de producción agrícola a escala de finca o parcela, en términos de la magnitud del esfuerzo físico requerido para llevar a cabo las labores de cultivo. A cada sistema de cultivo se le asigna un valor de  $EL_B$  a partir del comportamiento, tanto del sistema individual, como el de todos los sistemas evaluados en conjunto; es decir,  $EL_B$  tiene en cuenta los resultados de todos los sistemas evaluados para determinar cuál es el comportamiento de cada sistema individualmente.

El primer paso para la construcción de  $EL_B$  fue definir empíricamente los diferentes grados de esfuerzo (GE) asociados con las labores de cultivo. Se estableció como punto de partida el diseño de la escala psicofísica de Borg (1982, 1990). En ese sentido, los GE hacen referencia a la percepción de la magnitud del esfuerzo físico que los operarios de cultivo deben invertir para realizar cada una de esas labores. Para establecer esta clasificación, se hizo un recuento de las labores culturales típicas de cultivos hortofrutícolas (frutales, hortalizas, legumbres, raíces y tubérculos) y, con los resultados de 36 encuestas realizadas a operarios de cultivo con más de 20 años de experiencia (datos no publicados), se asoció un GE a cada una de las labores recopiladas.

Para calcular el indicador de esfuerzo de labor ( $EL_B$ ): 1) se hizo la sumatoria de las horas dedicadas a cada labor; 2) se suman las horas de las actividades que tienen el mismo  $GE_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$  o  $5$ ); 3) se calcula el GE total ( $GE_T$ ), correspondiente a la sumatoria de los  $GE_i$  para cada sistema ( $GE_T = GE_1 + GE_2 \dots + GE_5$ ); 4) se calcula el máximo  $GE_T$  entre los sistemas evaluados ( $MaxGE_T$ ); 5) se calcula el factor de esfuerzo ( $FE_i$ ) para cada  $GE_i$  de cada sistema ( $FE_i = GE_i / MaxGE_T$ ); 6) se calcula el factor por grado de esfuerzo ( $FG_E$ ) para cada  $FE_i$  ( $FG_E = FE_i \times GE_i$ ); y 7) se calcula  $EL_B$  para cada sistema, como la sumatoria de todos los  $FG_{Ei}$  ( $EL_B = FG_{E1} + FG_{E2} \dots + FG_{E5}$ ).

### Estudio de caso

Con el fin de evaluar el indicador con datos reales de campo, se hizo seguimiento a cuatro sistemas de producción de papa en dos inclinaciones de terreno durante un ciclo de producción. Los cultivos se ubicaron en el municipio de Sibaté (Cundinamarca, Colombia). Sus características se exponen en la Tabla 1.

En cada sistema e inclinación evaluados se contabilizó el tiempo en horas dedicadas a cada labor. Esto se realizó con respecto a las labores que correspondieran al cultivo de papa, con base en lo expuesto en la Tabla 2. Se contabilizó el tiempo dedicado por cada operario a cada labor y se sumaron las horas de todos los operarios en la misma actividad. Se debe tener en cuenta, que en el cultivo de papa cada labor es realizada por más de un operario al mismo tiempo.

## Resultados y discusión

### Definición de grados de esfuerzo de labor (GE)

Se establecieron cinco GE, donde GE<sub>1</sub> representa el menor esfuerzo y GE<sub>5</sub> el mayor. Estos grados se definieron con respecto a la cantidad de esfuerzo físico que se requiere para realizar una labor específica de cultivo. Para establecer el nivel de intensidad, el esfuerzo se comparó con actividades cotidianas (Tabla 3).

### Clasificación de las labores de cultivo según su grado de esfuerzo (GE)

Las labores de cultivo se clasificaron de acuerdo con la dificultad física que requiere su realización. Estas labores están directamente relacionadas con producción agrícola; desde preparación del suelo hasta postcosecha. No se incluyen labores previas a la preparación ni instalación de infraestructuras como invernaderos, sistemas de riego, camas de hidroponía y/o cuartos de postcosecha, entre otras. Las labores se dividieron en los grupos siguientes: preparación del terreno (PT), siembra y trasplante (ST), protección de cultivos (PC), labores culturales (LC) y cosecha y postcosecha (CP). A cada actividad en cada grupo se le asignaron tres grados de esfuerzo, de acuerdo con la inclinación del terreno donde se desarrolla el proceso productivo: terreno plano (0 – 7%) (Pln), inclinado (7 – 50%) (Inc) y muy inclinado (> 50%) (Min), según la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2014) (Tabla 3).

**Tabla 1.** Características de los sistemas de cultivo de papa evaluados en dos tipos de terreno. Sibaté, Colombia.

Terreno	Sistema	Sigla	Descripción
<b>Plano</b> (Pendiente 1%) Vereda Chacua	Altamente tecnificado	PlnAl	Preparación del suelo y construcción de camas con tractor, riego goteo, fertirrigación, aplicación agroquímicos con bomba estacionaria.
	Medianamente tecnificado	PlnMd	Preparación del suelo y construcción de camas con tractor, riego por aspersión, fertilización manual, aplicación agroquímicos con bomba estacionaria.
	Escasamente tecnificado	PlnEs	Preparación del suelo y construcción de camas con tractor, riego por aspersión, fertilización manual, aplicación de agroquímicos con bomba de espalda.
<b>Muy inclinado</b> (Pendiente > 50%) Vereda San Miguel	No tecnificado	PlnNo	Preparación terreno con azadón, riego manual, fertilización manual, aplicación e agroquímicos bomba espalda.
	Altamente tecnificado	MuiAl	Preparación del suelo y construcción de camas con tractor, riego por goteo, fertirrigación, aplicación agroquímicos con bomba estacionaria
	Medianamente tecnificado	MuiMd	Preparación del suelo y construcción de camas con tractor, riego por aspersión, fertilización manual, aplicación agroquímicos con bomba estacionaria.
	Escasamente tecnificado	MuiEs	Preparación del suelo y construcción de camas con tractor, riego aspersión, fertilización manual, aplicación agroquímicos con bomba espalda.
	No tecnificado	MuiNo	Preparación del suelo y construcción de camas con azadón, riego manual, fertilización manual, aplicación agroquímicos con bomba espalda.

**Tabla 2.** Grados de esfuerzo de labor (GE) establecidos para construir el indicador Esfuerzo de Labor Agrícola (EL<sub>a</sub>). Adaptado de Borg (1982, 1990).

GE	Rango	Categoría (esfuerzo de labor)	Descripción
GE <sub>1</sub>	0 a 1.5	Muy poco	La labor exige muy poco esfuerzo físico. Como caminar normalmente en terreno plano sin obstáculos.
GE <sub>2</sub>	> 1.5 a 2.5	Poco	La labor exige poco esfuerzo físico. Como caminar normalmente en terreno plano sin obstáculos, cargando morral.
GE <sub>3</sub>	> 2.5 a 3.5	Mediano	La labor exige esfuerzo físico moderado. Como caminar con afán en terreno moderadamente inclinado, cargando morral
GE <sub>4</sub>	> 3.5 a 4.5	Alto	La labor exige un alto esfuerzo físico, como hacer 'sentadillas'. Puede ocasionar lesiones, si no se hace con la técnica adecuada.
GE <sub>5</sub>	> 4.5 a 5	Máximo	La labor exige el mayor esfuerzo físico, como levantar pesas. Puede ocasionar lesiones si no se tienen los implementos necesarios y no se hace con la técnica adecuada.

**Tabla 3.** Grados de esfuerzo (GE) de las actividades agrícolas.

ID	Grupo*	Labor	GE			Descripción
			Pln	Inc	Min	
1.1	PT	Adecuación terreno con azadón	4	4	5	Preparación del suelo para siembra con herramientas manuales, como: azadón, pala, barreno, etc. Implica inclinarse, formando un ángulo < 90°, sumado al esfuerzo de la labor.
1.2	PT	Adecuación terreno con motocultor	3	4	5	Preparación del suelo con maquinaria agrícola impulsada y orientada manualmente.
1.3	PT	Adecuación terreno con tractor	2	2	3	Preparación del suelo con maquinaria agrícola impulsada y orientada mecánicamente.
1.4	PT	Construcción camas altas de cultivo	4	5	5	Construcción de camas para siembra o trasplante $\geq$ 50 cm de altura.
1.5	PT	Construcción de camas bajas	3	4	5	Construcción de camas para siembra o trasplante < 50 cm de altura.
1.6	PT	Surcado superficial	3	3	4	Guía realizada manualmente sobre la superficie (2 - 10 cm de profundidad) del suelo para ubicar las semillas
1.7	PT	Surcado profundo	4	5	5	Guía realizada manualmente sobre la superficie (> 10 cm de profundidad) del suelo para ubicar las semillas.
1.8	PT	Apertura de huecos superficial en suelo	3	3	4	Apertura de huecos con herramientas manuales, para trasplante de plántulas de hortalizas.
1.9	PT	Apertura de huecos profundos en suelo	4	5	5	Apertura de huecos con herramientas manuales, para trasplante de frutales arbóreos y arbustivos
1.10	PT	Apertura huecos en acolchado plástico	3	3	4	Apertura de huecos con herramientas manuales, para trasplante de hortalizas en acolchado plástico.
1.11	PT	Montaje acolchado plástico	2	2	3	Incluye estiramiento y ubicación del plástico sobre las camas de siembra
2.1	ST	Siembra semilla una a una en cama baja	3	3	4	Siembra de semillas con una distancia definida entre ellas. Implica inclinarse, formando un ángulo < 90°.
2.2	ST	Siembra semilla individual en cama alta	3	3	4	Siembra de semillas con una distancia definida entre ellas. Implica inclinarse, formando un ángulo $\geq$ 90°.
2.3	ST	Siembra semilla a chorrillo en cama baja	3	3	4	Siembra de semillas sobre una guía o surco sin importar la distancia entre las semillas. Implica inclinarse, formando un ángulo < 90°.
2.4	ST	Siembra semilla a chorrillo en cama alta	2	2	3	Siembra de semillas sobre una guía o surco sin importar la distancia entre las semillas. Implica inclinarse formando un ángulo $\geq$ 90°.
2.5	ST	Siembra semilla a voleo	2	2	3	Siembra de semillas sobre el suelo sin demarcar una guía específica.
2.6	ST	Trasplante en cama baja	4	4	5	Siembra de plántulas en camas < 50 cm de altura. Implica inclinarse formando un ángulo < 90°.
2.7	ST	Trasplante en cama alta	3	3	4	Siembra de plántulas en camas $\geq$ a 50 cm de altura. Implica inclinarse formando un ángulo $\geq$ 90°.
2.8	ST	Siembra o trasplante en cama levantada	2	2	3	Siembra o trasplante en camas de sustrato o hidroponía. No hay necesidad de inclinarse.
3.1	PC	Deshierba manual	4	5	5	Retirado de arvenses (de forma manual o con herramientas manuales) de las camas de siembra y calles. Implica inclinarse formando un ángulo < 90°, además del esfuerzo de la labor.
3.2	PC	Mezclado de fertilizantes	4	4	4	Unión de dos o más fertilizantes sólidos en una mezcla homogénea.
3.3	PC	Mezclado de pesticidas	3	3	3	Unión de dos o más pesticidas líquidos en una mezcla homogénea.
3.4	PC	Fertilización edáfica manual	3	3	4	Aplicación de fertilizantes sólidos al suelo de forma manual o con herramientas manuales.
3.5	PC	Fertilización por fertirriego	1	1	1	Aplicación de fertilizantes mediante el sistema de riego.
3.6	PC	Riego manual	2	2	3	Aplicación del agua mediante manguera.
3.7	PC	Riego por sistema de riego por goteo	1	1	1	Aplicación del agua mediante sistema de riego por goteo.
3.8	PC	Riego por sistema de riego por aspersión	2	2	3	Aplicación del agua mediante sistema de riego por aspersión.
3.9	PC	Aplicación agroquímicos bomba espalda	3	4	5	Aplicación de pesticidas líquidos y fertilizantes foliares con bomba de espalda
3.10	PC	Aplicación agroquímicos bomba estacionaria	2	2	3	Aplicación de pesticidas líquidos y fertilizantes foliares con bomba estacionaria.
3.11	PC	Cargue y descargue bultos de abonos y fertilizantes	5	5	5	Cargue y descargue de bultos de más de 25 kg al o desde el camión u otro sitio en la unidad productiva.
4.1	LC	Amarre plantas a guía o tutorado	3	3	4	Amarre de plantas enredaderas a las guías o tutorados.
4.2	LC	Poda formación	3	3	4	Poda de ramas para formar arbustos y frutales.
4.3	LC	Poda sanitaria	3	3	4	Poda de órganos, generalmente hojas, afectados por daños bióticos o abióticos.
4.4	LC	Deschupone	2	2	3	Poda de yemas axilares.
4.5	LC	Agobio	4	4	5	Transporte de partes de la planta, generalmente ramas, para siembra en campo.
4.6	LC	Canequeo	2	2	3	Voltar o tumbar plantas (follaje) manualmente o por medio de una caneca plástica.
4.7	LC	Aporque	4	5	5	Mover suelo hacia las plantas, con el fin de cubrir la base de su tallo. Implica inclinarse, formando un ángulo < 90°, además del esfuerzo de la labor
4.8	LC	Soqueo	3	3	4	Hacer una poda total en la planta, generalmente 30 - 50 cm por encima de la superficie del suelo.

Continua en la pág. 251

ID	Grupo*	Labor	GE			Descripción
			Pln	Inc	Min	
4.9	LC	Raleo de frutos	3	3	4	Retirar frutos de la planta.
4.10	LC	Raleo de plantas	3	3	4	Retirar plantas completas del cultivo.
4.11	LC	Descuelgue	3	3	4	Desamarrar las plantas de la guía o tutorado, descolgándolas unos hacia el suelo.
4.12	LC	Compostaje	3	3	3	Ubicación de residuos de cultivo en contenedores o espacios para esperar su descomposición. Incluye los volteos y riegos de las pilas de compostaje.
5.1	CP	Cosecha hortalizas de hoja, cama alta	3	3	4	Recolección manual de hortalizas de hoja listas para cosecha. Implica inclinarse, formando un ángulo $\geq 90^\circ$ .
5.2	CP	Cosecha hortalizas de hoja, cama baja	4	4	5	Recolección manual de las hortalizas de hoja listas para cosechar. Implica inclinarse, formando un ángulo $< 90^\circ$ .
5.3	CP	Cosecha hortalizas hoja, cama levantada	3	3	4	Recolección manual de las hortalizas de hoja listas para cosecha. No es necesario inclinarse.
5.4	CP	Cosecha hortalizas fruto	3	3	4	Recolección manual de las hortalizas de fruto listas para cosecha.
5.5	CP	Cosecha tubérculos y raíces pivotantes	4	5	5	Recolección manual de raíces y tubérculos listos para cosecha. Implica inclinarse, formando un ángulo $< 90^\circ$ .
5.6	CP	Cosecha de frutales arbóreos	3	4	4	Recolección manual de frutales en árboles, listos para cosecha. Dependiendo de la altura del árbol, implica estirarse o utilizar herramientas para alcanzar los frutos. Además, se debe tener la cabeza siempre mirando hacia arriba.
5.7	CP	Cosecha de frutales arbustivos	3	3	4	Recolección manual de frutos en arbustos listos para cosecha. No hay necesidad de inclinarse.
5.8	CP	Desgrane de bulbos	3	3	3	Separación manual de dientes, ejemplo: ajo, de los bulbos que los contienen.
5.9	CP	Lavado de tubérculos y raíces	3	3	3	Lavado, manual o con máquina, de tubérculos y raíces.
5.10	CP	Limpieza de producto cosechado	2	2	2	Limpieza, manual o con herramientas, de productos cosechados.
5.11	CP	Selección y clasificación producto cosechado	2	2	2	Selección y clasificación, manual o con herramientas de productos cosechados.
5.12	CP	Transportar producto cosechado manualmente	4	5	5	Trasladar manualmente bultos o canastillas con el producto cosechado, desde el terreno hasta el área de poscosecha o almacenamiento.
5.13	CP	Transportar producto cosechado con carretilla	4	4	5	Trasladar en carretilla empujada manualmente, bultos o canastillas con el producto cosechado, desde el terreno hasta el área de poscosecha o almacenamiento.
5.14	CP	Transportar producto cosechado con carro transportador	3	3	4	Trasladar en carro, empujado manualmente, bultos o canastillas con el producto cosechado, desde el terreno hasta el área de poscosecha o almacenamiento.
5.15	CP	Transportar producto cosechado con cable-vía	2	2	2	Llevar a través de cable-vía bultos o canastillas con el producto cosechado, desde el terreno hasta el área de poscosecha o almacenamiento.

\*PT = Preparación terreno; ST = Siembra y trasplante; PC = Protección de cultivos; LC = Labores culturales; CP = Cosecha y poscosecha; Pln = Terreno plano; Inc = inclinado, Min = Muy inclinado.

## Resultados del estudio de caso

Para los cuatro sistemas evaluados se requiere una mayor cantidad de tiempo para desarrollar las labores de cultivo cuando el terreno es muy inclinado (Mui) (Tabla 4). Esto es lógico si se tiene en cuenta que en este tipo de terreno las labores exigen un mayor esfuerzo físico (Tabla 3), lo que significa desplazamientos más lentos y mayores tiempos de descanso. La combinación terreno plano con alta tecnología resultó en un menor número de horas destinadas a las labores de cultivo. Es así, como el sistema PlnAl necesitó 678 h de trabajo por hectárea para llevar a cabo el ciclo completo de producción, comparado con las 1320 h requeridas en un terreno muy inclinado sin tecnología (MuiNo) (Tabla 4).

Los sistemas que se ubicaron en terreno plano (Pln) agruparon sus actividades principalmente en el grado de esfuerzo  $GE_4$  (Tabla 5), correspondiente a un alto esfuerzo de labor (Tabla 2), mientras que los sistemas que fueron localizados en un terreno muy inclinado (Min) agruparon sus actividades principalmente en el  $GE_5$  (Tabla 5), correspondiente al máximo esfuerzo de labor

(Tabla 2). Las labores que requieren un mayor esfuerzo físico ( $GE_4$  y  $GE_5$ ) están asociadas a la remoción y reubicación del suelo (adecuación del terreno, construcción de camas, aporque y cosecha de tubérculos) (Tabla 4), que coincide con las actividades que mayor mano de obra demanda en el cultivo de papa (DANE, 2017). Cuando la adecuación del terreno y el armado de camas o 'caballones' para cultivo se hacen con herramienta manual, tipo azadón, como en los tratamientos PlnNo y MuiNo, tanto la cantidad de horas como el esfuerzo físico se incrementan considerablemente (Tablas 4 y 5).

Al calcular el indicador Esfuerzo de Labor ( $EL_B$ ) para cada sistema de cultivo, se encontró que el sistema no tecnificado en terreno inclinado (MuiNo) genera el mayor  $EL_B$  (4.67), correspondiente al máximo esfuerzo de labor. En el otro extremo, el sistema medianamente tecnificado en terreno plano (PlnMd) presentó el menor  $EL_B$  (1.69), correspondiente a poco esfuerzo de labor (Tabla 5).

Estos resultados sugieren que la inclinación del terreno tiene mayor influencia que el nivel

**Tabla 4.** Número de horas requeridas por hectárea para cada actividad de cultivo de papa en cada tipo de terreno y sistema evaluado, según el grado de esfuerzo (GE). Sibaté, Colombia.

Actividad	Terrenp plano					Terreno muy inclinado				
	GE	PlnAl	PlnMd	PlnEs	PlnNo	GE	MuiAl	MuiMd	MuiEs	MuiNo
Adecuación terreno con azadón	4	0	0	0	160	5	0	0	0	240
Adecuación terreno con tractor	2	8	8	8	0	3	10	10	10	0
Construcción camas bajas	3	0	0	0	112	5	0	0	0	160
Siembra semilla individual en cama baja	3	24	24	24	24	4	32	32	32	32
Mezclado de fertilizantes	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mezclado de pesticidas	3	13	13	13	13	3	13	13	13	13
Fertilización edáfica manual	2	0	96	96	96	4	0	120	120	120
Fertilización por fertirriego	1	23	0	0	0	1	23	0	0	0
Riego manual	2	0	0	0	108	4	0	0	0	135
Riego por goteo	1	23	0	0	0	1	23	0	0	0
Riego por aspersión	2	0	45	45	0	4	0	56	56	0
Aplicación agroquímicos bomba espalda	3	0	0	50	50	5	0	0	60	60
Aplicación agroquímicos bomba estacionaria	2	40	40	0	0	3	48	48	0	0
Cargue y descargue, fertilización	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4
Aporque	4	64	64	64	64	5	80	80	80	80
Cosecha tubérculos y raíces pivotantes	4	400	320	320	320	5	500	400	400	400
Selección y clasificación producto cosechado	2	48	40	40	40	2	48	40	40	40
Traslado producto cosechado manualmente	4	28	24	24	24	5	36	32	32	32
Total horas		678	682	692	1019		820	839	851	1320

**Tabla 5.** Cálculo del indicador del esfuerzo de labor ( $EL_b$ ) para cada sistema evaluado. Sibaté, Colombia.

Sistema	GE <sub>1</sub>	GE <sub>2</sub>	GE <sub>3</sub>	GE <sub>4</sub>	GE <sub>5</sub>	GE <sub>T</sub>	FE <sub>1</sub>	FE <sub>2</sub>	FE <sub>3</sub>	FE <sub>4</sub>	FE <sub>5</sub>	FG <sub>E</sub>					EL <sub>b</sub>	Categoría
	Horas/ha						MaxGE <sub>T</sub> =1320					1	2	3	4	5		
PlnAl	45	96	37	496	4	678	0.03	0.07	0.03	0.38	0.00	0.03	0.15	0.08	1.50	0.02	1.78	Poco esfuerzo de labor
PlnMd	0	229	37	412	4	682	0.00	0.17	0.03	0.31	0.00	0.00	0.35	0.08	1.25	0.02	1.69	
PlnEs	0	189	87	412	4	692	0.00	0.14	0.07	0.31	0.00	0.00	0.29	0.20	1.25	0.02	1.75	
PlnNo	0	244	199	572	4	1019	0.00	0.18	0.15	0.43	0.00	0.00	0.37	0.45	1.73	0.02	2.57	Mediano esfuerzo de labor
MuiAl	45	48	71	36	620	820	0.03	0.04	0.05	0.03	0.47	0.03	0.07	0.16	0.11	2.35	2.73	
MuiMd	0	40	71	212	516	839	0.00	0.03	0.05	0.16	0.39	0.00	0.06	0.16	0.64	1.95	2.82	
MuiEs	0	40	23	212	576	851	0.00	0.03	0.02	0.16	0.44	0.00	0.06	0.05	0.64	2.18	2.94	
MuiNo	0	40	13	291	976	1320	0.00	0.03	0.01	0.22	0.74	0.00	0.06	0.03	0.88	3.70	4.67	Máximo esfuerzo de labor

GE = Grado de esfuerzo; GE<sub>T</sub> = Grado de esfuerzo total; FE = Factor de esfuerzo; MaxGE<sub>T</sub> = Máximo grado de esfuerzo total; FG<sub>E</sub> = Factor por grado de esfuerzo.

de tecnificación, tanto en el esfuerzo requerido para llevar a cabo las labores de cultivo, como en la cantidad de horas necesarias para realizar dichas labores. Esto último es de especial importancia si se tienen en cuenta las actuales teorías de desplazamiento de mano de obra por tecnología, que sugieren que mayor tecnología se relaciona con menos uso de mano de obra (Schmitz y Moss, 2015).

En este estudio de caso se evidencia que, porcentualmente hay mayor desplazamiento de mano de obra por la inclinación del terreno que por el nivel de tecnología. Se aprecian dos extremos, correspondientes a los sistemas PlnAl y MuiNo, cuya diferencia en cantidad de horas requeridas para llevar a cabo las labores de cultivo es de 94.69% (Tabla 6). En este caso, la combinación nivel tecnológico - inclinación del terreno genera

que la cantidad de mano de obra requerida por PlnAl sea considerablemente menor que para MuiNo. En el otro extremo, las diferencias entre los sistemas con mediana y escasa tecnología se reducen notablemente dentro de la misma inclinación (1.47 y 1.43% en terreno plano e inclinado, respectivamente) e incluso entre inclinaciones de terreno (Tabla 6). Por otro lado, una mayor tecnología no se traduce completamente en reducción de la demanda por mano de obra. Las labores de cosecha y poscosecha requieren más mano de obra en el sistema altamente tecnificado (Tabla 4), debido a que éste genera una mayor producción de tubérculos que los demás sistemas. Se debe tener en cuenta que, de todos los sistemas de cultivo de papa, independiente del nivel de tecnología y la inclinación del terreno, las labores de cosecha son las que más demandan mano de obra (DANE, 2017).

Labores de cultivo como la preparación del terreno y la construcción de camas de forma mecanizada influyen significativamente en la demanda de mano de obra. Es así, como los tratamientos PlnNo y MuiNo, en los que estas labores fueron realizadas de forma manual, necesitaron entre 90.75 y 94.69% más horas labor en terreno plano y entre 55.07 y 60.98% en terreno inclinado, en comparación con los tratamientos donde fueron realizadas en forma

mecanizada. Esto no solo tiene influencia en la cantidad de horas laboradas, sino en el bienestar de los trabajadores y, en general, en la sostenibilidad del sistema de cultivo, ya que la mano de obra es el segundo rubro más importante en la planilla de costos, después del uso de fertilizantes (DANE, 2017).

Como se expuso en la metodología,  $EL_B$  se calcula a partir de los resultados, tanto del sistema individual, como el de todos los sistemas en conjunto. Es decir,  $EL_B$  no solo tiene en cuenta el número de horas requeridas en cada sistema y para cada  $GE_i$ , sino que además considera el consumo de tiempo de los demás sistemas comparados. Una muestra de esto es que a pesar de que PlnMd requirió un mayor número de horas labor (682) que PlnAl (678) (Tabla 4) PlnMd obtuvo un  $EL_B$  menor (PlnMd = 1.69; PlnAl = 1.78) (Tabla 4). Para ilustrar esto más claramente, se exponen los resultados eliminando el sistema no tecnificado (PlnNo y MuiNo) (Tabla 7). Al eliminar este sistema en ambas pendientes, y al comparar los resultados en las Tablas 5 y 7, se puede apreciar el efecto del comportamiento en conjunto de los sistemas evaluados. Los sistemas PlnAl, PlnMd y PlnEs pasan de la categoría Poco esfuerzo de labor (Tabla 5) a Mediano esfuerzo de labor (Tabla 7), mientras que los sistemas MuiAl y MuiMd pasan de la categoría Mediano

**Tabla 6.** Diferencias porcentuales en la cantidad de horas requeridas para ejecutar labores en cultivo de papa entre los sistemas evaluados. Sibaté, Colombia.

PlnAl	PlnMd	PlnEs	PlnNo	MuiAl	MuiMd	MuiEs	MuiNo
PlnAl	0.00						
PlnMd	0.59	0.00					
PlnEs	2.06	1.47	0.00				
PlnNo	50.29	49.41	47.25	0.00			
MuiAl	20.94	20.23	18.50	-19.53	0.00		
MuiMd	23.78	23.06	21.28	-17.64	2.35	0.00	
MuiEs	25.55	24.82	23.01	-16.46	3.81	1.43	0.00
MuiNo	94.69	93.55	90.75	29.54	60.98	57.28	55.07

**Tabla 7.** Cálculo del indicador del esfuerzo de labor ( $EL_B$ ), eliminando los sistemas PlnNo y MuiNo. Sibaté, Colombia.

Sistema	GE <sub>1</sub>	GE <sub>2</sub>	GE <sub>3</sub>	GE <sub>4</sub>	GE <sub>5</sub>	GE <sub>T</sub>	FE <sub>1</sub>	FE <sub>2</sub>	FE <sub>3</sub>	FE <sub>4</sub>	FE <sub>5</sub>	FG <sub>E</sub>					EL <sub>B</sub>	Categoría de esfuerzo
	Horas/ha					MaxGE <sub>T</sub> = 851	1	2	3	4	5							
PlnAl	45	96	37	496	4	678	0.05	0.11	0.04	0.58	0.00	0.05	0.23	0.13	2.33	0.02	2.76	Mediano
PlnMd	0	229	37	412	4	682	0.00	0.27	0.04	0.48	0.00	0.00	0.54	0.13	1.94	0.02	2.63	
PlnEs	0	189	87	412	4	692	0.00	0.22	0.10	0.48	0.00	0.00	0.44	0.31	1.94	0.02	2.71	
MuiAl	45	48	71	36	620	820	0.05	0.06	0.08	0.04	0.73	0.05	0.11	0.25	0.17	3.64	4.23	Alto
MuiMd	0	40	71	212	516	839	0.00	0.05	0.08	0.25	0.61	0.00	0.09	0.25	1.00	3.03	4.37	
MuiEs	0	40	23	212	576	851	0.00	0.05	0.03	0.25	0.68	0.00	0.09	0.08	1.00	3.38	4.56	Máximo

GE = Grado de esfuerzo; GE<sub>T</sub> = Grado de esfuerzo total; FE = Factor de esfuerzo; MaxGE<sub>T</sub> = Máximo grado de esfuerzo total; FG<sub>E</sub> = Factor por grado de esfuerzo.

esfuerzo de labor (Tabla 5) a Alto esfuerzo de labor (Tabla 7) y el sistema MuiEs pasa de la categoría Mediano esfuerzo de labor (Tabla 5) a Máximo esfuerzo de labor (Tabla 7). Esto se debe al efecto combinado de todas las labores, expresadas en el factor de esfuerzo ( $FE_j$ ). Si este factor no se incluye, el efecto del nivel tecnológico se diluye, como se comprobó durante el proceso de diseño del indicador (datos no publicados). Para describir esta situación se utiliza como ejemplo el sistema PInAl, el cual invierte la mayor cantidad de horas en el grado de esfuerzo cuatro ( $GE_4$ ), correspondiente a un alto esfuerzo de labor (Tabla 4). Si se analizara individualmente este sistema y se tuvieran en cuenta sólo las horas de labor, su  $EL_B$  correspondería, efectivamente, a la categoría Alto esfuerzo de labor. En este caso hipotético, no se tendrían en cuenta la cantidad de esfuerzo y horas laboradas que se reducen como resultado del uso de tecnología. Al comparar y evaluar todos los sistemas en conjunto, la aplicación de tecnología queda evidente en la reducción del esfuerzo de labor. El sistema PInAl se clasifica, por consiguiente, dentro del grupo de poco esfuerzo de labor (Tabla 5). Por lo tanto, para este estudio de caso, entre más diferencias tecnológicas haya entre los sistemas evaluados, más evidentes serán esas diferencias en el resultado de  $EL_B$  para cada sistema individualmente.

## Conclusiones

El esfuerzo de labor ( $EL_B$ ) es un indicador que estima la magnitud del esfuerzo físico con respecto a las particularidades de las labores de cultivo y del terreno donde se desarrollan un conjunto comparable de sistemas de producción agrícola.  $EL_B$  agrupa estas características considerando tanto el sistema productivo individual como todos los sistemas productivos en comparación. Esto permite cuantificar individualmente el esfuerzo físico del sistema productivo, teniendo en cuenta las características de todos los sistemas evaluados.  $EL_B$  está dirigido a la toma de decisiones a nivel de finca o parcela, pudiéndose incluir como indicador social en las evaluaciones de sostenibilidad agrícola a estas escalas de medición.  $EL_B$  se puede calcular a partir del registro de las labores de cultivo, lo que lo hace muy accesible. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la asignación de los grados de esfuerzo a cada actividad agrícola se realizó empíricamente, a partir de la experiencia y percepción de los operarios de cultivo. Por tal motivo,  $EL_B$  debe tomarse como punto de referencia no como un valor absoluto.

## Referencias

- Bélanger, V.; Vanasse, A.; Parent, D.; Allard, G.; Pellerin, D. 2012. Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. *Ecological Indicators*, 23, 421-430. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.027>
- Bockstaller, C.; Feschet, P.; Angevin, F. 2015. Issues in evaluating sustainability of farming systems with indicators. *Oilseeds y Fats Crops and Lipids*, 22(1), D102. <http://doi.org/10.1051/ocl/2014052>
- Borg, G. A. V. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Borg, G. 1990. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 16(1), 55-58. [www.jstor.org/stable/40965845](http://www.jstor.org/stable/40965845)
- Castellini, C.; Boggia, A.; Cortina, C.; Dal Bosco, A.; Paolotti, L.; Novelli, E.; Mugnai, C. 2012. A multicriteria approach for measuring the sustainability of different poultry production systems. *Journal of Cleaner Production*, 37, 192-201. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.006>
- De Olde, E. M.; Oudshoorn, F.; Bokkers, E.; Stubsgaard, A.; Sørensen, C.; de Boer, I. 2016. Assessing the Sustainability Performance of Organic Farms in Denmark. *Sustainability*, 8(9), 957. <http://doi.org/10.3390/su8090957>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. 2017. *El cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) y un estudio de caso de los costos de producción de papa Pastusa Suprema*. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Boletín mensual No 15. Colombia. 98 p. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol\\_Insumos\\_ene\\_2017.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_ene_2017.pdf)
- Dizdaroglu, D.; Yigitcanlar, T. 2014. A parcel-scale assessment tool to measure sustainability through urban ecosystem components: The MUSIX model. *Ecological Indicators*, 41, 115-130. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.037>
- Finkbeiner, M.; Schau, E. M.; Lehmann, A.; Traverso, M. 2010. Towards life cycle sustainability assessment. *Sustainability*, 2(10), 3309-3322. <http://doi.org/10.3390/su2103309>
- Gómez, L. J. A.; Riesgo, L. 2009. Alternative approaches to the construction of a composite indicator of agricultural sustainability: An application to irrigated agriculture in the Duero basin in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90(11), 3345-3362. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.023>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2014. *Códigos para los levantamientos de suelos. Instructivo*. Grupo interno de trabajo de levantamientos agrológicos. Cód. I40100-06/14.V. Colombia. 92 p. <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/I40100-06-14.V1Codigos%20para%20los%20levantamientos%20de%20suelos.pdf>



- Marchand, F.; Debruyne, L.; Triste, L.; Gerrard, C.; Padel, S.; Lauwers, L. 2014. Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecology and Society*, 19(3), 46-56. <http://doi.org/10.5751/ES-06876-190346>
- Paracchini, M. L.; Bulgheroni, C.; Borreani, G.; Tabacco, E.; Banterle, A.; Bertoni, D.; Rossi, G.; Parolo, G.; Oraggi, R.; De Paola, C. 2015. A diagnostic system to assess sustainability at a farm level: The SOSTARE model. *Agricultural Systems*, 133, 35-53. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.10.004>
- Peano, C.; Migliorini, P.; Sottile, F. 2014. A methodology for the sustainability assessment of agri-food systems: An application to the slow food presidia project. *Ecology and Society*, 19(4), 24. <http://doi.org/10.5751/ES-06972-190424>
- Ryan, M.; Hennessy, T.; Buckley, C.; Dillon, E. J.; Donnellan, T.; Hanrahan, K.; Moran, B. 2016. Developing farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 55(2), 112-125. <http://doi.org/10.1515/ijaf-2016-0011>
- Schader, C.; Baumgart, L.; Landert, J.; Muller, A.; Ssebunya, B.; Blockeel, J.; Weissshaidinger, R.; Petrusek, R.; Mészáros, D.; Padel, S.; Gerrard, C.; Smith, L.; Lindenthal, T.; Niggli, U.; Stolze, M. 2016. Using the Sustainability Monitoring and Assessment Routine (SMART) for the systematic analysis of trade-offs and synergies between sustainability dimensions and themes at farm level. *Sustainability*, 8(3), 1-20. <http://doi.org/10.3390/su8030274>
- Schindler, J.; Graef, F.; König, H. J. 2015. Methods to assess farming sustainability in developing countries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1043-1057. <http://doi.org/10.1007/s13593-015-0305-2>
- Schmitz, A.; Moss, C.B. 2015. Mechanized agriculture: Machine adoption, farm size, and labor displacement. *AgBioForum* 18(3), 278-296. <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/48143/MechanizedAgriculture.pdf?sequence=1>
- Van Asselt, E. D.; Van Bussel, L. G. J.; Van der Voet, H.; Van der Heijden, G. W. A. M.; Tromp, S. O.; Rijgersberg, H.; Van Efert, F.; Van Wagenberg, C. P. A. 2014. A protocol for evaluating the sustainability of agri-food production systems-A case study on potato production in peri-urban agriculture in The Netherlands. *Ecological Indicators*, 43, 315-321. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.027>
- Van Passel, S.; Meul, M. 2012. Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 170-180. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.005>