



## Efecto del área foliar y bioestimulantes en la propagación vegetativa de café especial (*Coffea arabica* L. var. *typica*) en cámara de subirrigación

### Effect of the foliar area and biostimulants on the vegetative propagation of special coffee (*Coffea arabica* L. var. *typica*) in the sub-irrigation chamber

Tito Sanchez Santillan<sup>1\*</sup>, Ariel K. Chichipe Puscan<sup>1</sup>, Angel F. Huaman Pilco<sup>2</sup>, Eli Morales Rojas<sup>2</sup>, Segundo G. Chavez Quintana<sup>2</sup>

#### RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto del área foliar y bioestimulantes en la propagación vegetativa de café especial (*Coffea arabica* L. var. *typica*) en cámara de subirrigación. Se utilizó un diseño experimental factorial completamente al azar, con factor A: área foliar (AF-25 %; AF-50% y AF-100%) y Factor B: tipo de bioestimulante (Incentive, Big-Hor) y un testigo sin nada. Presentó 3 repeticiones, con 27 unidades experimentales en total. Las estacas pasaron por un proceso de desinfección en solución antifúngica Propineb 70% PM, dosis 5g x L<sup>-1</sup>. A continuación, fueron cortadas las hojas en diferentes áreas, para colocarlas en tubetes con arena desinfectada. Finalmente, se introdujeron en una cámara de subirrigación en condiciones controladas para fomentar el enraizamiento, realizando aplicaciones foliares de bioestimulantes 2ml x L<sup>-1</sup>. Transcurridas seis semanas se evaluaron las estacas, encontrándose que el área foliar influyó en el porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces sobresaliendo el área AF-100%, mientras que el AF-25% no tuvo resultados favorables. El tipo de fertilizante no influyó en el enraizamiento, pero sí mostró efectos significativos en el número y tamaño de raíces, sobresaliendo el Big-Hor e Incentive, respectivamente. Ambos fueron superiores al testigo sin bioestimulante. Se concluye que las estacas, cuanto mayor sea el área foliar, mayor será el enraizado y desarrollo radicular; los bioestimulantes no son determinantes en la emisión de raíces, sin embargo, actúan posteriormente en el crecimiento y desarrollo de las mismas.

**Palabras clave:** café, Big-Hor, Incentive, raíz, tubete.

#### ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the effect of the foliar area and biostimulants in the vegetative propagation of special coffee (*Coffea arabica* L. var. *typica*) in a sub-irrigation chamber. A completely random factorial experimental design was used, with factor A: leaf area (AF-25%; AF-50% and AF-100%) and Factor B: type of biostimulant (Incentive, Big-Hor) and a control without nothing, presented 3 repetitions, with 27 experimental units in total. The cuttings underwent a disinfection process in an antifungal solution Propineb 70% PM, dose 5g x L<sup>-1</sup>, then the leaves were cut to different areas, to be placed in tubes with disinfected sand, finally they were introduced in a sub-irrigation chamber with conditions controlled to promote rooting, making foliar applications of biostimulants 2ml x L<sup>-1</sup>. After six weeks the cuttings were evaluated, finding that the leaf area influenced the percentage of rooting, number and length of roots, with the area AF-100% standing out and the AF-25% did not have favorable results. The type of fertilizer did not influence the rooting, but it did show significant effects on the number and size of roots, with Big-Hor and Incentive standing out respectively, both were superior to the control without biostimulant. It is concluded that the cuttings the greater the foliar area, the greater the rooting and root development; biostimulants are not decisive in the emission of roots, however, they act later in their growth and development.

**Keywords:** coffee, Big-Hor, Incentive, root, tubes.

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Chachapoyas, Perú

\* Autor de Correspondencia, e-mail: titosanchezsantillan@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

El cafeto es el principal cultivo de exportación en el Perú, teniendo mayor influencia socioeconómica. El Perú dispone de una diversidad de microclimas favorables para desarrollar este cultivo. El café desarrolla la actividad económica más importante en la región Amazonas; no obstante, se debe reconocer que al igual que la mayoría de cultivos presenta un sinnúmero de adversidades que afectan su producción. Uno de ellos es el uso de semillas de baja calidad, generando heterogeneidad en las plantaciones (Vásquez Inuma *et al.*, 2018).

El café también puede propagarse vegetativamente, siendo un método muy recomendable, debido a que las plantas no presentan variabilidad genética. La propagación vegetativa consiste en obtener segmentos de ramas de un árbol y mantenerlas en condiciones ambientales favorables para inducir rizogénesis y organogénesis (Thanuja *et al.*, 2002; Husen Y Pal, 2003; Liu *et al.*, 2012). En Chile, España, Portugal, China, Canadá, Brasil, Australia, Nueva Zelanda y EE.UU. este método se utiliza para desarrollar plantaciones clonales comerciales tales como *Pinus radiata* D. Don, *Pinus taeda* L., *Gmelina arborea* Roxb., *Populus* sp., *Platanus* sp., *Salix* sp. y *Eucalyptus* sp. (Bedon *et al.*, 2011).

Las plantas pueden propagarse naturalmente gracias a las fitohormonas que estas producen, sin embargo, en la actualidad se utilizan comúnmente las auxinas sintéticas y bio-estimulantes orgánicos para optimizar el tiempo de enraizado (Hartmann, 1996).

Dentro de los enraizamientos, mucho tiene que ver el área foliar, ya que su presencia ejerce una fuerte influencia estimulante sobre la iniciación de raíces. Esto probablemente se debe a los carbohidratos trasladados de las hojas y otras sustancias (Hartmann, 1996).

En este sentido, podemos enfocar el problema principal, para el enraizado de estacas el uso de hormonas comerciales costosas, limitan el acceso de las personas con escasos recursos económicos, sumado a ello el desconocimiento de los componentes principales de la planta que pueden ser útiles en el enraizado, minimizando los costos.

Con esta investigación se pretende que se adopten tec-

nologías de propagación del café sin la dependencia de hormonas costosas, y brindar una alternativa que sea eficiente en la proliferación y formación del sistema radicular que permite el crecimiento y desarrollo de una nueva planta, siendo la formación de raíces vital para absorber y conducir agua y minerales disueltos, acumular nutrientes y sujetar la planta al suelo.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Los trabajos experimentales se realizaron en el invernadero del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana en el distrito de Huambo, Rodríguez de Mendoza (Departamento de Amazonas), con coordenadas latitud 06°25'39" Sur, y longitud 77°32'13" Oeste, a una altitud de 1714 m.s.n.m.

### Fase de enraizamiento

Se colectaron estacas lignificadas de café variedad *typica* de jardines clonales, y en laboratorio se separaron estacas con áreas foliares de 25%, 50% y 100% (Tabla 1). Se cortaron a 5 cm de longitud dejando un par de hojas. Posteriormente, se sumergieron en una solución antifúngica Propineb 70% PM, dosis 5g x L<sup>-1</sup> (Vásquez Inuma *et al.*, 2018). Se colocaron en tubetes con arena estéril distribuidas aleatoriamente y con suficiente distancia para evitar el rozado de las hojas. El proceso de enraizamiento se desarrolló en cámara de subirrigación con riego nebulizado, controlando la temperatura (18-25 °C) y humedad relativa mayor al 80% (Matamoros Quesada *et al.*, 2020). Se utilizaron bioestimulantes radiculares Incentive 2ml x L<sup>-1</sup> y Big-Hor 2ml x L<sup>-1</sup>, aplicados con intervalos de 7, 21, 36 y 51 días, dejando un testigo sin estimulantes para la comparación de tratamientos.

### Diseño experimental y evaluación de variables

Se utilizó un diseño factorial completo al azar de 3x3: tres áreas foliares y tres estimulantes. Se dieron tres repeticiones con cuatro miniestacas por unidad experimental.

**Tabla 1.** Distribución de tratamientos

Tratamiento	Factor A: área foliar	Factor B: bioestimulante	Interacción A x B
T1	25%	Sin bioestimulante	25% - Sin bioestimulante
T2	25%	Incentive	25% - Incentive
T3	25%	Big-Hor	25% - Big-Hor
T4	50%	Sin bioestimulante	50% - Sin bioestimulante
T5	50%	Incentive	50% - Incentive
T6	50%	Big-Hor	50% - Big-Hor
T7	100%	Sin bioestimulante	100% - Sin bioestimulante
T8	100%	Incentive	100% - Incentive
T9	100%	Big-Hor	100% - Big-Hor

Después de seis semanas se realizaron las evaluaciones de porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces. Para la evaluación de parámetros radiculares se consideró que fueran mayor a 0,5 cm (Vásquez Inuma *et al.*, 2018).

Los datos se procesaron en software estadístico InfoStat Versión 2019, verificando previamente el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Luego se hizo un análisis de varianza, y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=0,005$ ).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se observa que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en el porcentaje de enraizamiento número y longitud de raíces. El tipo de estimulante presentó diferencias estadísticas significativas para la variable enraizamiento, sin embargo, sí muestra diferencias para el número y longitud de raíces, lo que indica que los estimulantes no ayudan a la generación de raíces, pero sí a su desarrollo. La interacción de factores fue significativa en número y tamaño de raíces.

**Tabla 2.** Valores de probabilidad (p) en el análisis de varianza de las variables de enraizamiento de estacas de *Coffea arabica* L.

Fuente de variación	Enraiz. (%)	NR	TR
Área foliar	0,0197*	0,0069*	0,0029*
tipo de estimulante	0,3874	0,0247*	0,0012*
Área foliar * tipo de estimulante	0,0545	0,0384*	0,0000*

Enraiz.: Enraizamiento; NR: Número de raíces; TR: Tamaño de Raíces; \*Diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

#### Efecto del área foliar

En la presente investigación se muestra que las estacas con área foliar (AF-100%) tuvieron influencia positiva en el enraizado y desarrollo radicular, corroborado a partir de la prueba de Tukey. El segundo mejor tratamiento fue AF-50%. El área foliar AF-25% no presentó alta efectividad en la emisión de raíces ya que presentó bajos porcentaje (Tabla 3). No cabe duda que la emisión de raíces es fuertemente dependiente del área foliar, cuanto mayor sea esta, mayor es la probabilidad de emisión de raíces. Durante la investigación se observó que las estacas, cuando se producen lesiones en las hojas, sufren un estrés, dejándose notar un *amarillamiento* progresivo. Las estacas con hojas íntegras o enteras persisten mayor tiempo garantizando la vigorosidad de las estacas. Cuando las estacas presentan menor área, posterior a los 30 días en cámaras de

enraizamiento o túneles, presentan un color amarillo brillante y posterior necrosamiento de los vasos xilemáticos, ocasionando la muerte.

Es sabido que desde hace tiempo hay varias pruebas experimentales donde aseguran que la presencia de las hojas en la estaca ejerce una fuerte influencia estimuladora en la formación de raíces (Went, 1934; Rappaport, 1940). Los carbohidratos que resultan de la actividad fotosintética de las hojas ayudan en la iniciación de raíces (Hartmann y Kester, 1983). Una explicación acertada podría ser también que las hojas y yemas tiene capacidad de producir auxinas (Hartmann y Kester, 1983). La acción es complicada por el hecho de que las hojas producen también fotosintatos, pero ese fuerte efecto de las hojas y yemas no puede simplemente atribuirse a la producción de factores no auxínicos (Hartmann y Kester, 1983).

En investigaciones en sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), Cachique *et al.* (2011), encontraron que áreas foliares de 50 y 100 cm<sup>2</sup>, presentaron mejor enraizado, número y longitud de raíces, de tal forma que, a medida que bajaban el área foliar, la capacidad de enraizamiento de

las estacas disminuía considerablemente. Es evidente la importancia de las hojas en estacas ya que el número y la reiniciación del crecimiento de la parte aérea son influenciados por las reservas y la cantidad de asimilados producidosn las mismas (Ruíz y Mesén, 2010).

**Tabla 3.** Valores de probabilidad (p) en el análisis de varianza de las variables de enraizamiento de estacas de *Coffea arabica* L.

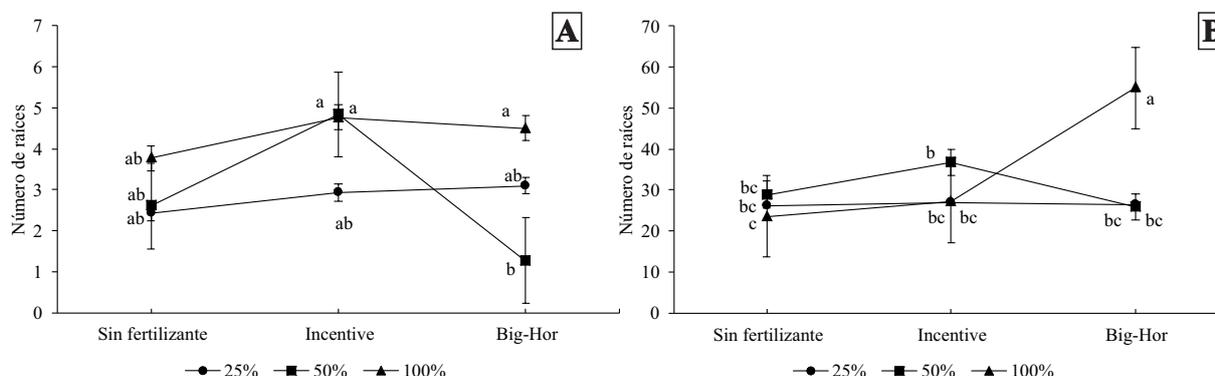
<b>Factor</b>	<b>Enraizamiento (%)</b>	<b>Nº de raíces</b>	<b>Tamaño de raíces</b>
<b>Área foliar</b>			
25%	69,44 b	4,34 a	35,18 a
50%	69,44 b	2,9 b	30,46 ab
100%	91,67 a	2,82 b	26,49 b
<b>Tipo de estimulante</b>			
Sin estimulante	72,22 a	2,93 b	26.,17 b
Incentive	83,33 a	4,18 a	30,24 b
Big-Hor	75 a	2,96 b	35,71 a

Letras diferentes en una columna, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Efecto del estimulante**

La figura 1 nos muestra el análisis de varianza, reportando la existencia de diferencias estadísticas mínimas significativas del tipo de estimulante en el número de raíces. Sin embargo, para la longitud de raíces nos reporta que existe diferencia estadística significativa alta. La prueba de comparación múltiple de medias Tukey ( $\alpha=0,05$ ) reporta que para el número de raíces

hay una ligera diferencia entre el estimulante Big-Hor e Incentive, siendo mejor el segundo. Algo similar a lo observado en la tabla 2, en la que Tukey nos reporta la existencia de una diferencia entre el Big-Hor e Incentive para el tamaño de raíces, siendo mejor Big-Hor. Las estacas no tratadas con estos bioestimulantes presentarían bajos resultados en enraizado y desarrollo radicular.



**Figura 1.** Efecto de la interacción de factores. A, interacción de área foliar y tipo de estaca en el número de raíces; B, interacción del área foliar y tipo de estimulante en el tamaño de raíces de estacas de café.

El efecto del Big-Hor en el incremento de raíces podría estar dado a su contenido de aminoácidos de origen natural, macro y micronutrientes que favorecen diversos procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas, como la división y elongación celular. También presentan en su composición cantidades mayores de microelementos quelatizados, aminoácidos y fitohormonas, y en pequeñas concentraciones ácido indolacético y giberelinas.

Las concentraciones de fitohormonas, auxinas y giberelinas pudieron tener un efecto destacado en la aparición de nuevas raíces o la desdiferenciación de células a través de la activación del callo para la formación de raíces. Es sabido que las auxinas tienen efectos divisores de células, por lo que, Hartmann y Kester (1983) recomiendan su uso para enraizar estacas de tallo en la mayoría de las especies. Dentro de ellos, los más destacados son el ácido naftal acético (ANA), y el ácido

indol butírico (AIB). Y para determinar la efectividad de cada uno a una determinada especie es necesario realizar experimentos, ensayos o pruebas empíricas.

Por otro lado, Incentive es un bioestimulante natural con biocitoquinina, que estimula la división celular en los órganos en desarrollo. Estofue notorio en la investigación desarrollada, permitiendo incrementar el desarrollo radicular de estacas de café, con valores superiores que con Big-Hor. El bioestimulante Incentive, en su composición, presenta una mayor cantidad de vitaminas A, B1, B2, B12, C, D y D6, y materia orgánica al 20%, elementos que de alguna manera son necesarios para la estimulación de las raíces. Hartmann y Kester (1983), sostienen que la vitamina B1 es necesaria para el crecimiento en medios estériles de raíces separadas de muchas especies. Del mismo modo exponen que esa vitamina en plantas intactas generalmente es producida en las hojas y transportada a las raíces, donde participa en el proceso de crecimiento de las mismas.

Sin duda, el tratamiento con nutrientes minerales ayuda significativamente en el enraizado de estacas. Doak (1940), descubrió que la aplicación de compuestos nitrogenados orgánicos e inorgánicos en *Rhododendron* sp. y *Phaseolus* sp. tuvieron resultados muy eficaces. Es sabido que el porcentaje de materia orgánica presente en Incentive contiene compuestos nitrogenados naturales que posiblemente pudieron actuar positivamente en las estacas de café.

#### **Interacción de área foliar y tipo de bioestimulante**

La interacción área foliar por tipo de bioestimulante no mostró diferencias significativas en el porcentaje de enraizamiento, pero sí en el número y longitud de raíces (Tabla 1). Esto indica que en el enraizado de estacas el factor más fuerte es el área foliar, lo cual es diferente para las variables número y tamaño de raíces, ya que la interacción actuó positivamente haciendo indicar que una vez producidas las raíces, los bioestimulantes absorbidos por las hojas son translocados a las raíces generando incrementos significativos en el área foliar (AF-100%) (Figura 1).

Si bien, también es cierto que, para lograr altos porcen-

tajes de enraizamientos, se deben considerar las áreas foliares, para así obtener un balance óptimo entre los efectos negativos de la transpiración y los efectos positivos de la fotosíntesis (Matamoros *et al.*, 2020).

No obstante, Hartmann y Kester (1983) y Mesén *et al.* (1997), mencionan que la reducción de área foliar no debe ser excesiva, ya que cumplen funciones de producción de asimilados, fotosintatos, auxinas y otros cofactores importantes en la iniciación y desarrollo de las raíces.

Respecto a los bioestimulantes, observamos que a medida que se incrementa el área foliar, se incrementa el número y longitud de raíces, pudiendo estar influenciado por los bioestimulantes aplicados (Figura 1). Sin embargo, no fueron determinantes en el porcentaje de enraizamiento. Similares resultados encontraron Matamoros *et al.* (2020), como la no influencia de los fertilizantes en el porcentaje de enraizamiento, sugiriendo así que la iniciación de raíces, como indica Blazich (1988), es un proceso mediado básicamente por la presencia de auxinas, ya sean endógenas o aplicadas, y no es afectado mayormente por aplicaciones nutricionales.

La aplicación de bioestimulantes no es todo en el proceso de enraizamiento, sino el estatus nutricional propio del material vegetal, siendo de vital importancia en el proceso de emisión de raíces (Matamoros *et al.*, 2020). Es pertinente reconocer que la movilización de nutrientes dentro de la estacilla es limitada durante la etapa de división celular en las estacas, no siendo así durante el crecimiento y desarrollo de estas. De esta manera, la nutrición inicial del material vegetal se convierte en un factor importante y determinante para la iniciación de raíces (Blazich, 1988).

Los efectos de los bioestimulantes entran en acción cuando las raíces ya están formadas en las estaquillas, viéndose afectados el crecimiento y desarrollo de las mismas. Del mismo modo concluyen que el desarrollo radicular es influenciado por los bioestimulantes, ya que presentan estimuladores hormonales y una gama de nutrientes orgánicos (Matamoros *et al.*, 2020).

#### IV. CONCLUSIONES

El área foliar influyó significativamente en el enraizado, número y longitud de raíces, sobresaliendo las estacas con áreas foliares AF-100%. Los estimulantes no presentaron efectos significativos en el enraizado, sin embargo, mostraron efectos ligeramente significativos en el número y tamaño de raíces, sobresaliendo Big-Hor para número de raíces e Incentive en la longitud de las mismas. Ambos factores tuvieron influencia de manera interaccionada en número y longitud de raíces, denotando que cuanto mayor sea el área foliar, y con bioestimulante, mayor será el desarrollo radicular.

#### V. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores participaron en la redacción del manuscrito inicial, revisión bibliográfica, y en la revisión y aprobación del manuscrito final

#### VI. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

#### VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bedon, F., J. Majada, I. Feito, P. Chaumeil, J. Dupuy, A. M. Lomenech, A. Barre, J. M. Giom, C. Plomion. 2011. "Interaction between environmental factors affects the accumulation of root proteins in hydroponically grown *Eucalyptus globulus* (Labill.)". *Plant Physiol. Biochem* 49: 69-76.

Blazich, F. 1988. "Mineral nutrition and adventitious rooting". En *Adventitious root formation in cuttings*. Davis, T. D., B. E. Haissig, y N. Sankhla (eds). Portland (EEUU): Dioscorides Press.

Bonner, J. 1937. "Vitamin B1, a growth factor for higher plants". *Science* 85: 183-194.

Cachique, D., A. Rodríguez Del Castillo, R. Henry, G. Vallejos, y R. Solis. 2011. "Propagación vegetativa del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana". *Folia Amazonica* 20 (1-2): 95-100.

Doak, B. W. 1940. "The effect of various nitrogeous compounds on the rooting of rhododendron cuttings teaterd with naphthaleneacetic acid". *New Zeland Jour. Sci. and Tech.* 21: 336-343.

Hartmann, H. 1996. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Ciudad de México (México): Compañía Editorial Continental S. A.

Hartmann, H., y D. Kester. 1983. *Plant propagation -Principles and practices*. Nueva Jersey (EEUU): Pearson.

Husen, A., y M. Pal. 2003. "Clonal propagation of teak (*Tectona grandis* Linn. f.): Effect of IBA application and adventitious root regeneration on vertically split cuttings". *Silvae Genetica* 52 (3):173-176.

Liu, D., Q. Dong, C. Sun, Q. Wang, C. You, Y. Yao, y Y. Hao. 2012. "Functional characterization of an apple apomixes-related MhFIE gene in reproduction development". *Plant science* 185: 205-111.

Matamoros Quesada, A., F. Mesén Siqueira, y L. Jiménez Alvarado. 2020. "Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F 1 de café (*Coffea arabica*)". *Revista de ciencias ambientales* 54 (1): 58-75.

Mesén, F., A. Newton, y R. Leakey. 1997. "Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: The effect of IBA concentration, propagation medium and cutting origin". *Forest Ecology and Management* 92: 45-54. DOI:10.1016/S0378-1127(96)03960-6

Rappaport, J. 1940. "The influence of leaves and growth substances on the rooting response of cuttings". *Natuurw. Tijdschr.* 21: 356-359.

Ruiz, H., y F. Mesén. 2010. "Efecto del ácido indol butirico y tipo de estaquillas en el enraizamiento de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)". *Agronomia Costarricense* 34 (2): 259-267.

Thanuja, T. V., R. V. Hedge, y M. N. Sreenivasa. 2002. "Induction of rooting and root growth in black

- pepper cuttings (*Piper nigrum* L.) whit the inoculation of arbuscular mycorrhizae”. *Sci. Hort.* 92: 339-346.
- Vásquez Inuma, L., D. Ayala Montejo, G. Vallejos Torres, L. Arévalo López, C. Bustamante Ochoa, E. Calixto Vásquez, y L. Ramos López. 2018. “Edad del material vegetativo y su efecto en el enraizamiento de brotes de café (*Coffea arabica*) variedad caturra”. *Investigación Valdizana* 12 (4): 215-226.
- Went, F. 1934. “On a substance causing root formation”. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.* 32: 35-39..