

Estación Experimental Santa Catalina Departamento Manejo de Suelos y Aguas

Informe Anual 2021



Mejía – Pichincha – Ecuador
Enero / 2022

INFORME ANUAL 2021

1. Programa / Departamento

Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

2. Nombre Director de la Estación Experimental

Ing. Jorge Rivadeneira.

3. Responsable Programa / Departamento en la Estación Experimental

Dr. Yamil Cartagena.

4. Equipo técnico multidisciplinario I+D

Dr. Yamil Cartagena.

Dr. Iván Samaniego.

Ing. Rafael Parra.

Ing. Javier Maiguashca.

Ing. José Rivadeneira.

Ing. José Lucero.

Ing. Irma Nicolalde.

Lcda. Nathaly Santorum.

Sra. Liliana Jácome.

Sra. Marina Tiglla.

Dr. José Zambrano. Programa de Maíz.

Dr. Víctor Barrera. Programa Cambio Climático.

Dr. Eduardo Morillo. Programa de Biotecnología.

Ing. Pablo Viteri. Programa de Fruticultura.

Ing. Antonio Guacapiña. Programa de Ganadería.

Ing. Amparo Cóndor. Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI).

Lcdo. Luis Cacuango. (AGROCALIDAD).

Dr. Juan León. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

M. Sc. Eduardo Salazar. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

M. Sc. Carlos Carpio. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

M. Sc. Franklin Arcos. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

M. Sc. Roque García. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

M. Sc. Randon Ortiz. Universidad Central del Ecuador (UCE).

M. Sc. Jaime Hidrobo. Universidad Central del Ecuador (UCE).

M. Sc. Juan Pazmiño. Universidad Central del Ecuador (UCE).

Ing. Alejandro Arteaga. Universidad Central del Ecuador (UCE).

Dr. Lenin Ron. Universidad Central del Ecuador (UCE).

Dr. Marcelo Calvache. Universidad Central del Ecuador (UCE).

Dr. Juan Hirzel. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Chile. (INIA).

Dr. Jorge Delgado. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Dr. Alveiro Salamanca (IIP, ICL Fertilizers).

Ing. Edison Pruna (Hacienda la Campiña).

Ing. Carmen Pérez (Solvesa Ecuador S. A.).

M. Sc. Izar Sinde. Universidad Santiago de Compostela. (UFA-ESPE - SIGMA).

M. Sc. Lorena Benítez. Universidad San Francisco de Quito (USFQ).

M. Sc. Gabriel Barragan. Universidad Yachay (Yachay Tech).

5. Financiamiento

Fortalecimiento Institucional. Gasto corriente (INIAP). 14 000 USD.
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA-ARCAL). 21 000 USD.
ICL Fertilizers. 6 000 USD.

6. Proyectos

Proyecto de Cooperación Técnica RLA5077 “Mejora de los Medios de Subsistencia Mediante una Mayor Eficiencia en el Uso del Agua Vinculada a Estrategias de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en la Agricultura” (ARCAL CLVIII). Enero, 2018 – Mayo, 2022.

Proyectos de evaluación de formulaciones potásicas en el cultivo de brócoli híbrido Avenger (*Brassica oleracea* var. Itálica). Instituto Internacional de la Potasa. Junio 2021 – Junio, 2022.

7. Socios estratégicos para investigación

Universidad Central del Ecuador, (UCE).
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, (ESPOCH).
Universidad de la Fuerzas Armadas, (UFA).
Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ibarra, (PUCESI).
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Chile. (INIA).

8. Publicaciones

Araujo, M., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, H., Monteros, J., Paula, N., Racines, M., Rivadeneira, J., Velásquez, J., León, J., Panchi, N., Andrade, J. (2021). Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Manual No. 78, 3ra. Edición. INIAP. Mejía-Ecuador. 120p.

Cartagena, Y., Parra, R., Alvarado, S. Valverde, F. & Zambrano, J. (2020). Eficiencia del uso de abonos verdes y urea en el cultivo de maíz de valles altos. II Simposio Latinoamericano de Aplicaciones Nucleares en la Agricultura. Archivos Académicos USFQ, Volumen 12, Número 3. Quito, Ecuador. pp. 80.

Cartagena, Y., Zambrano, J., Parra, R., Angamarca, M., Manguashca, J., Rivadeneira, J., Velásquez, D., Córdor, A., & León, J. Ortiz, R. (2021). Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP 101, con diferentes niveles de fertilización. I Simposio Ecuatoriano del Maíz. Ciencia, Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ, Número 38. Quito, Ecuador. pp. 15.

López, V., Zambrano, J., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Rivadeneira, J., Manguashca, J., & Parra, R. (2021). Uso de acolchado plástico en la producción de maíz suave (*Zea mays* L. var. *amylacea*). I Simposio Ecuatoriano del Maíz. Ciencia, Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ, Número 38. Quito, Ecuador. pp. 37.

Ortiz, R., Chile, M., Cartagena, Y., Morillo, R., Vásquez, C., Romero, M., Erique, D., Alomoto, W., & Torres, P. (2021). Efecto del riego por goteo de bajo volumen en el rendimiento del cultivo de fréjol variedad “Rojo del Valle” en los andes ecuatorianos. Revista Manglar 18(3): 253-260. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.033>. pp 253.

Ortiz, R., Quilanchamin, C., Chile, M. & Cartagena, Y. (2021). Efecto del fertirriego en el cultivo de maíz harinoso (*Zea mays* L. var. *amylacea*) variedad pepa. I Simposio Ecuatoriano del Maíz. Ciencia, Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ, Número 38. Quito, Ecuador. pp. 43.

Sinde, I., Falconí, C., Luna, P., Godoy, L., Gil, M., Maiguashca, J., & Nato, R. (2021) Spectral analysis of the phenological stages of *Lupinus mutabilis* through spectroradiometry and unmanned aerial vehicle imaging with different physical disinfection pretreatments of seeds. *Geocarto Internacional*: 1-18. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1960431>

Viera, W., Cartagena, Y., Toaquiza, J., Gaona, P., Viteri, P., Sotomayor, A., & Medina, L. (2021). Response of 'Hass' avocado under different nitrogen and potassium fertilizer regimes in subtropical Ecuador. IV International Symposium on Horticulture in Europe – SHE2021 Eds.: J.N. Wünsche and A. Milyaev. *Acta Hortic.* 1327. ISHS 2021. DOI 10.17660/ActaHortic.2021.1327.23 Proc. pp. 175.

9. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión.

Cartagena, Y. (18 al 28 de enero de 2021). Gestión de los Nutrientes y del Agua en los Cultivos. Capacitación organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". España.

Maiguashca, J. & Rivadeneira. (19 de enero de 2021). "Capacitación en teledetección aplicada a la agricultura". Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para personal de la Estación Experimental Pichilingue. Quevedo, Ecuador.

Cartagena, Y. (01 y 02 de febrero del 2021). Análisis químico de suelos para realizar recomendaciones de fertilización en cultivos. Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (AGROCALIDAD). Quito, Ecuador.

Cartagena, Y. (03 al 05 de febrero de 2021). Estimación de la Evapotranspiración y sus componentes. Capacitación organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". México.

Cartagena, Y. (11 de febrero del 2021). Interpretación de análisis de suelos y Desarrollo de planes de fertilización. Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Quito, Ecuador.

Cartagena, Y. (17 al 19 de marzo de 2021). Tercera Reunión de Coordinación - virtual. Reunión organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". San José, Costa Rica.

Cartagena, Y. (24 de marzo de 2021, 26 de abril de 2021, 21 de mayo del 2021, 28 de julio del 2021). Comité Técnico de Normalización NTE INEN-ISO 8157. Fertilizantes y acondicionadores del suelo. Vocabulario (ISO 8157:2015, IDT). Webinar organizado por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), Quito, Ecuador

Rivadeneira, J. (21 de abril de 2021). Escuela de Emprendimiento Virtual “Joven Rural 2, Riego Inteligente”. Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Subsecretaría de Redes de Innovación Agropecuaria. Quito, Ecuador.

Cartagena, Y. (25 de mayo de 2021). Huacho Rozado. Seminarios Virtuales “BPA-CI en sistemas agroalimentarios andinos basados en papa” coordinado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en el marco del proyecto Papa, Familia y Clima, financiado por la Unión Europea a través del Programa Euroclima+, Componente Producción Resiliente de Alimentos e implementado por GIZ y Expertise France,

Rivadeneira, J. (26 al 30 de abril de 2021). Capacitación de Sistemas de Información Geográfica Básica Aplicados a la Agricultura (Curso abierto). Capacitación organizada por el por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador.

Rivadeneira, J. (10 al 14 de mayo de 2021). Capacitación de Sistemas de Información Geográfica Básica Aplicados a la Agricultura (Curso abierto). Capacitación organizada por el por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador.

Maiguashca, J. & Rivadeneira, J. (16 al 17 de junio de 2021). GEO-GFOI Virtual Workshop "Exploring new tools in SEPAL to assess land use and land cover changes, and produce GHG emission estimates". Taller organizado por el Sistema de Observación de la Tierra (SEPAL), Group on Earth Observation (GEO-GFOI), Food And Agriculture Organization of United Nations (FAO) e Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Zurich, Suiza.

Rivadeneira, J. (16 de junio de 2021). Workshop "Knowledge Dissemination Seminar in Smart Cities, Hydraulic and Hydrology". Taller organizado por la Agencia de Cooperación Internacional de Corea del Sur (KOICA) y la Embajada de Corea del Sur. Quito, Ecuador.

Maiguashca, J. & Rivadeneira, J. (23 de junio al 02 de julio de 2021). Capacitación de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Básica Aplicados a la Agricultura. Capacitación organizada por el por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para profesores y estudiantes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" (ESPAM). Quito, Ecuador.

Rivadeneira, J. (24 de junio de 2021). Jornadas Tecnológicas-ESFOT-EPN. Taller organizado por la Escuela Politécnica Nacional (EPN). Quito, Ecuador.

Rivadeneira, J. (05 al 13 de julio de 2021). Workshop " IoT training course". Taller organizado por Vliorous, Vruue Universiteit Brussel, Ku Leuven y la Escuela Politécnica Nacional. Leuven, Bélgica.

- Cartagena, Y. & Parra, R. (27 de julio de 2021). Fertirriego en el cultivo de aguacate. Día de campo, organizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Programa Coreano en Agricultura Internacional (KOPIA). Urcuqui, Ecuador.
- Viera, W., Viteri, P. & Cartagena, Y. (09 de agosto de 2021). Manejo integrado del cultivo de chilto Tomate de árbol. Capacitación organizada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Argentina.
- Manguashca, J., Rivadeneira, J. & Zambrano, J. (10 de septiembre de 2021). Consejo Consultivo carrera Ingeniería Agrícola. Consejo organizado por la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" (ESPAM). Calceta, Ecuador.
- Cartagena, Y., & Parra, R. (13 al 16 de septiembre del 2021 y 11 al 13 de octubre de 2021). Uso avanzado del modelo AquaCrop para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la productividad de los cultivos. Capacitación organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". Barcelona, España.
- Manguashca, J., Rivadeneira, J. & Carrillo, M. (04 al 14 de octubre de 2021). Workshop "Soil Spectroscopy". Taller organizado por la Alianza Mundial por el Suelo (GLOSOLAN). Viena, Austria.
- Cartagena, Y. & Parra, R. (07 de octubre de 2021). Fertirriego en el cultivo de aguacate. Día de campo, organizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Programa Coreano en Agricultura Internacional (KOPIA). El Juncal, Ecuador.
- Cartagena, Y. & Parra, R. (15 de octubre de 2021). Fertilización en el cultivo de aguacate. Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Programa Coreano en Agricultura Internacional (KOPIA). Guaranda, Ecuador.
- Cartagena, Y., Manguashca, J. & Rivadeneira, J. (25 al 29 de octubre del 2021 y 03 al 05 de noviembre de 2021). Teledetección para la estimación de la eficiencia en el uso del agua. Capacitación organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". España.
- Manguashca, J. (25 de octubre al 5 de noviembre de 2021). Escuela de Emprendimiento Virtual "Joven Rural 3, Ganadería Inteligente". Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Subsecretaría de Redes de Innovación Agropecuaria. Quito, Ecuador.
- Cartagena, Y. (27 al 29 de octubre de 2021). Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP 101, con diferentes niveles de

- fertilización. I Simposio Ecuatoriano del Maíz. Ciencia, Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ, Número 38. Quito, Ecuador.
- Maiguashca, J. & Rivadeneira, J. (18 de noviembre de 2021). Seminario Web “Oportunidades para el escalamiento de tecnologías digitales en el sector agropecuario ecuatoriano”. Taller organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Quito, Ecuador.
- Maiguashca, J. & Rivadeneira, J. (18 de noviembre de 2021). Webinar “Fusarium R4T, Mapa de Riesgos para el Ecuador”. Taller organizado por El Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.
- Maiguashca, J. (19 de noviembre de 2021). “Feria Internacional de la Cooperación”. Feria organizada por la Cancillería del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Cartagena, Y. (23 al 25 de noviembre de 2021). Análisis coste/beneficio para la selección de prácticas agrícolas óptimas que mejoren la eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno. Capacitación organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". San José, Costa Rica.
- Cartagena, Y. (26 de noviembre del 2021). Fertilización en el cultivo de granadilla. Capacitación organizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Pimampiro, Ecuador.
- Cartagena, Y. (09 de diciembre de 2021). Guía para la elaboración de una estrategia de comunicación. Capacitación organizada por el Organismo de Energía Atómica en el marco del proyecto de cooperación técnica RLA5077, "Mejora de los medios de subsistencia mediante una mayor eficiencia en el uso del agua vinculada a estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura (ARCAL CLVIII)". San José, Costa Rica.
- Cartagena, Y. & Parra, R. (10 de diciembre de 2021). Desarrollo de tecnologías de cultivo para maíz utilizando biofertilizantes en las tierras altas de Ecuador. Día de campo, organizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Programa Coreano en Agricultura Internacional (KOPIA). Quito, Ecuador.

10. Propuestas presentadas

Propuesta 1.

Título:

Desarrollo de modelos matemáticos para la recomendación de fertilización nitrogenada en el cultivo de brócoli (*Brássica oleracea* var. *Itálica*).

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

12 de marzo de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Dr. Iván Samaniego.
Dr. Víctor Barrera.
Lcdo. Luis Cacuango.
Dr. Lenin Ron.
Dr. Jorge Delgado.

Presupuesto:

INIAP: 3 843.00 USD.
Tesisista: 5 762.93 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

26 de abril de 2021.

Propuesta 2.

Título:

Evaluación de la solución nutritiva de Steiner modificada en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-CIP-Libertad en condiciones de invernadero.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

28 de abril de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Dr. Marcelo Calvache.

Presupuesto:

INIAP: 5 261.55 USD.
Tesista: 6 245.40 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

18 de mayo de 2021.

Propuesta 3.

Título:

Evaluación de los índices de calidad en plántulas de *Eucalyptus globulus*, en condiciones de invernadero.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

28 de abril de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

M. Sc. Eduardo Salazar.
M. Sc. Carlos Carpio.

Presupuesto:

INIAP: 3 753.20 USD.
Tesista: 2 902.60 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

07 de junio de 2021.

Propuesta 4.

Título:

Determinación de la dosis óptima de N, P y K en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*) variedad INIAP-431 Andina en invernadero.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

04 de mayo de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Ing. Ángel Murillo.
M. Sc. Juan Pazmiño.

Presupuesto:

INIAP: 3 866.10 USD.

Tesista: 6 966.75 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

23 de junio de 2021.

Propuesta 5.

Título:

Evaluación de formulaciones potásicas en el cultivo de brócoli híbrido Avenger (*Brassica oleracea* var. *Itálica*).

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.

Gasto corriente.

Fecha presentación:

25 de mayo de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Dr. Alveiro Salamanca.

Ing. Edison Pruna.

Ing. Carmen Pérez.

Presupuesto:

INIAP: 3 150.00 USD.

IPI: 5 520 USD.

IICA: 480 USD.

Hacienda La Campiña: 819.00 USD.

Tesista: 787.50 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

24 de junio de 2021.

Propuesta 6.

Título:

Desarrollo de un modelo predictivo para caracterizar proporciones de trébol blanco (*Trifolium repens*) y rye grass perenne (*Lolium perenne*) utilizando sensores remotos.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

26 de mayo de 2021.

Responsable:

Ing. Javier Manguashca.

Equipo multidisciplinario:

Ing. Antonio Guacapiña.
Dr. Patricio Pérez.
M. Sc. Izar Sinde.

Presupuesto:

INIAP: 4 425.54 USD.
Tesisistas: 1 279.95USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

12 de julio de 2021.

Propuesta 7.

Título:

Evaluación del efecto de dos concentraciones de solución nutritiva en la fase vegetativa en el cultivo de mortiño (*Vaccinium floribundum*, Kunth) en invernadero.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

28 de julio de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Dr. Eduardo Morillo.
M. Sc. Franklin Arcos.
M. Sc. Roque García.

Presupuesto:

INIAP: 3 807.94 USD.
Tesisista: 638.40 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

31 de agosto de 2021.

Propuesta 8.

Título:

Determinación del efecto de la solución nutritiva Steiner a diferentes concentraciones sobre el rendimiento de flor de cáñamo medicinal (*Cannabis sativa* L.) var. Cherry Oregon, bajo invernadero.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

06 de agosto de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Dr. Jorge Merino.
Dr. Iván Samaniego.
Ing. Duthier López.
M. Sc. Jaime Hidrobo.

Presupuesto:

INIAP: 3 466.08 USD.
Empresa BARAD: 420.00 USD.
Tesisista: 682.50 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

16 de septiembre de 2021.

Propuesta 9.

Título:

Validación de tres métodos geoestadísticos para determinar la humedad gravimétrica del suelo y su relación con la biomasa de pasturas.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

02 de septiembre de 2021.

Responsable:

Ing. José Rivadeneira.

Equipo multidisciplinario:

Ing. Antonio Guacapiña.
Dr. Patricio Pérez.
M. Sc. Izar Sinde.
M. Sc. Gabriel Barragán.

Presupuesto:

INIAP: 5 830.62 USD.
Tesisista: 1 249.50 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

12 de octubre de 2021.

Propuesta 10.

Título:

Desarrollo de un modelo de estimación geoestadístico de las propiedades físicas y cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno y secuestro de carbono en suelos.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.

Gasto corriente.

Fecha presentación:

15 de septiembre de 2021.

Responsable:

Ing. Javier Manguashca.

Equipo multidisciplinario:

Ing. Antonio Guacapiña.
Dr. Patricio Pérez.

Presupuesto:

INIAP: 10 682.18 USD.
Tesisista: 816.90 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

04 de octubre de 2021.

Propuesta 11.

Título:

Evaluación de las soluciones nutritivas en las variedades de aguacate (*Persea americana Mill.*) Hass y Fuerte, en la fase de vivero en condiciones de invernadero.

Tipo propuesta:

Proyecto de investigación.

Fondos o Convocatoria:

Fortalecimiento Institucional.
Gasto corriente.

Fecha presentación:

24 de septiembre de 2021.

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Equipo multidisciplinario:

Ing. Pablo Viteri.
M.Sc. Jaime Hidrobo.

Presupuesto:

INIAP: 4 662.00 USD.
Tesis: 5 504.27 USD.

Duración proyecto:

12 meses.

Estado:

Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución:

07 de octubre de 2021.

11. Hitos/Actividades por proyecto ejecutadas por el programa o departamento

Actividad 1.

Título:

Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, bajo diferentes niveles de fertilización, utilizando los métodos isotópico y convencional (Modelo de simulación AquaCrop).

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Colaboradores:

Dr. José Zambrano.
Ing. Rafael Parra.
Ing. Javier Maiguashca.
Ing. José Rivadeneira.
Ing. Amparo Cóndor.
Dr. Juan León.
Dr. Marcelo Calvache.
Ing. Randon Ortiz.
Dr. Juan Hirzel.

Antecedentes:

El cultivo de maíz es de los más importantes en la Sierra del Ecuador, debido a la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico en la dieta de la población (Valverde, et al., 2004. Duchicela et al., 2012; Yáñez, et al., 2013). La distribución y forma de consumo está bien identificada; así en las tierras bajas se siembra maíz amarillo cristalino, y su consumo es para la industria de balanceados, especialmente avícola; mientras que, en las zonas altas se produce y se consume exclusivamente granos de textura harinosa y suave. Las variedades de maíz suave están adaptadas para altitudes entre 2400-2800 m.s.n.m., y en especial para las zonas maiceras del Callejón Interandino (Caviedes, 2003). Según el INEN, 2016; las provincias de Loja, Azuay Pichincha, Bolívar y Tungurahua, tienen 29 809 ha sembradas de las cuales el 40% se dedica como maíz seco y el restante 60% se utiliza como choclo. El rendimiento del maíz suave en seco es de 7 409 t, con rendimiento promedio de 0.72 t ha⁻¹, y el maíz suave en choclo es de 52 221 t, siendo el rendimiento promedio de 3.23 t ha⁻¹.

El incremento de la producción del maíz depende en gran parte del uso elevado de insumos y tecnología, lo que afecta el precio de producción afectando la fertilidad del suelo y eficiencia del uso del agua (Valverde, et al., 2004). El requerimiento de agua del cultivo del maíz es de 500 a 700 mm, que deben estar bien distribuidos de acuerdo con sus fases fenológicas, (siendo las fases de floración y llenado de grano las más críticas).

El agua proviene de la precipitación y el riego. Las precipitaciones están limitadas por la intensidad, duración y distribución; debido a estas variaciones producen cambios y estímulos fisiológicos que modifican las apariencias de las plantas, siendo necesario aplicar el riego, para suplir estas necesidades (Calvache, 2009).

El agua aplicada como riego, tiene pérdidas por efecto del clima, suelo y cubierta de los cultivos. Para reducir estas pérdidas el reto es llevar a una mejora potencial en la eficiencia del uso del agua (EUA) a nivel de finca para reducir la evaporación y aumentar la transpiración, dado que grandes cantidades de agua se pueden perder del suelo por evaporación (Palacios, 2002; Ojeda & Flores, 2015); para determinar en forma eficiente el agua de riego se puede utilizar métodos isotópicos y convencionales (Mei, 2017).

El conocimiento del uso del método isotópico (¹⁸O y ²H, en el agua y vapor de agua) para determinar la evapotranspiración de cultivo, indudablemente es utilizado para aplicar prácticas apropiadas de conservación de agua y suelo tales como la mínima labranza, el uso de coberturas vegetales y sistemas de riego por goteo o aspersión que permitan minimizar las pérdidas por evaporación del suelo bajo un rango de diferentes prácticas de manejo (Wang, 2000; Li et al., 2008; Mei, 2017).

Existen métodos convencionales, desde gravimétricos, tensiómetría, sonda de neutrones, reflectometría en el dominio temporal (TDR) o frecuencia (FDR). (Frequency Domain Reflectometry), climáticos; hasta modelos de simulación como el AquaCrop de la FAO que determina el contenido de agua en el suelo, planta y atmósfera, los cuales sirven para crear escenarios para mejorar el rendimiento, (Mestas et. al., 2009; Steduto, et. al., 2009); es así que, Abarca, 2019, obtuvo rendimientos estimados entre 5 a 8 t ha⁻¹ en maíz duro en la región de la costa.

En este contexto, el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) está ejecutando el proyecto RLA/5/077 "Mejora de los Medios de Subsistencia Mediante una Mayor Eficiencia en el Uso del Agua Vinculada a Estrategias de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en la Agricultura" (ARCAL

CLVIII), mismo que contempla entre las actividades de investigación en la evaluación del efecto del riego con la fertilización edáfica en el cultivo de maíz a través del uso de técnicas isotópicas y convencionales.

Objetivos:

General:

- Evaluar el uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, bajo diferentes niveles de fertilización, utilizando los métodos isotópico y convencional (Modelo de simulación AquaCrop).

Específicos:

- Obtener los parámetros fenológicos que requieren los métodos isotópico y convencional (Modelo de simulación AquaCrop) para estimar el uso eficiente del agua y la fertilización en el cultivo de maíz INIAP 101.
- Determinar la demanda de biomasa, macro y micro nutrientes por el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto de la aplicación del riego en el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

Metodología:

El experimento tendrá una duración de tres ciclos de cultivo iniciándose en el año 2018, el cual se implementó en el lote B2A de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), cuya ubicación geográfica se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación política y geográfica. EESC - Pichincha, 2021.

Ubicación	Localidad
Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Parroquia	Mejía
Sitio	Cutuglagua
Altitud (m.s.n.m)	3059
Latitud	78° 33' 18'' S
Longitud	00° 22' 01'' O

Fuente: IGM, 2018.

Se realizó el análisis químico de suelos de la localidad en estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Reporte del análisis químico de suelos. EESC - Pichincha, 2021.

Nutriente	Valor	Interpretación	Unidad
N	39.00	M	mg kg ⁻¹
P	65.00	A	mg kg ⁻¹
S	9.80	B	mg kg ⁻¹
K	0.05	A	meq 100ml ⁻¹

Ca	6.33	M	meq 100ml ⁻¹
Mg	0.68	B	meq 100ml ⁻¹
pH	5.17	A	
MO	9.70	M	%

A=Alto, M=Medio, B= Bajo y A=Ácido.

En este experimento se estudiaron los factores, riego y fertilización química (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Riego en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Riego	Descripción
r1	Con riego
r2	Sin riego

En el factor riego se utilizó el balance hídrico de la FAO, el cual considera las entradas (Precipitación efectiva y Riego) y la salida (Evapotranspiración del cultivo) (Dorembos & Pruitt, 1990; Allen, 2006).

$$B_H = \Delta_s + P_e + R - ET_c$$

Dónde:

B_H = Balance hídrico (mm).

Δ_s = Variación de la humedad del suelo (mm).

P_e = Precipitación efectiva (mm).

R = Riego (mm).

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm).

Tabla 4. Fertilización química para el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Fertilización química	Descripción (%)
f1	100
f2	50
f3	0

Para el factor fertilización química se utilizó la tabla guía de recomendación de fertilización química para el cultivo de maíz del INIAP (Tabla 5).

Tabla 5. Recomendaciones de fertilización química, para el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Análisis de Suelo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
	(kg ha ⁻¹)			
Bajo	80 - 120	60 - 80	40 - 60	20 - 30
Medio	60 - 80	40 - 60	20 - 40	10 - 20
Alto	20 - 60	0 - 40	0 - 20	0 - 10

Fuente: Padilla, 1979.

Las dosis de fertilización química para N, P₂O₅, K₂O y S para los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Dosis de fertilización química, para el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Fertilización química	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
	(kg ha ⁻¹)			
f1	76	40	20	22
f2	38	20	10	11
f3	0	0	0	0

Como resultado de la interacción de los factores riego y fertilización química se tuvieron 6 tratamientos en estudio (Tabla 7).

Tabla 7. Tratamientos en estudio, para el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Riego	Fertilización química (%)
1	Con riego	100
2	Con riego	50
3	Con riego	0
4	Sin riego	100
5	Sin riego	50
6	Sin riego	0

Se utilizó un diseño Bloques Completamente al Azar en arreglo de Parcela Dividida (DBCAPD), con 6 tratamientos y 4 repeticiones, obteniéndose como total 24 unidades experimentales. En la Parcela Grande (PG) se ubicó el factor riego (con y sin riego) y en la Sub Parcela (SP) se aplicó el factor fertilización química (100%, 50% y 0% de la recomendación de fertilización química). Se aplicó la prueba de medias de DMS para los tratamientos con riego y Tukey para los tratamientos con fertilización y la interacción.

El tamaño de la parcela fue de 39.2 m² (7.0 m de largo por 5.6. m de ancho); la distancia entre líneas de 0.8 m y entre plantas de 0.5 m, obteniéndose una densidad de 50000 plantas por hectárea.

El material biológico utilizado fue semilla de maíz de la variedad INIAP 101.

Las fuentes fertilizantes utilizadas fueron urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y azufre de mina.

Los fertilizantes se colocaron a chorro continuo al fondo del surco y después se procedió a taparlo con una capa delgada de suelo. Se realizaron tres fraccionamientos, al momento de la siembra, medio aporque y aporque del cultivo.

Las variables evaluadas fueron rendimiento al 14% de humedad y extracción de nutrientes (muestreos a los 44, 80, 108, 139, 170, 198 y 240 días después de la siembra).

La extracción de nutrientes se modeló utilizando una regresión logística normal con la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{\alpha}{1 + \beta x e^{(-\gamma x^2)}}$$

En dónde:

Y = Extracción de nutrientes en el tiempo.
 α = Valor límite de extracción de nutrientes.
 β = No tiene significado biológico y solo toma lugar en el tiempo inicial $t = 0$.
 γ = Tasa de la constante que determina la amplitud de la curva.
 t = Tiempo.

Resultados:

Ciclo agrícola 2020-2021

Riego

La precipitación efectiva durante los 240 días de duración del cultivo fue de 1525 mm, la cual no se distribuyó uniformemente en los meses de octubre, noviembre y febrero; en tanto que la evapotranspiración del cultivo de maíz fue de 420 mm (Figura 1).

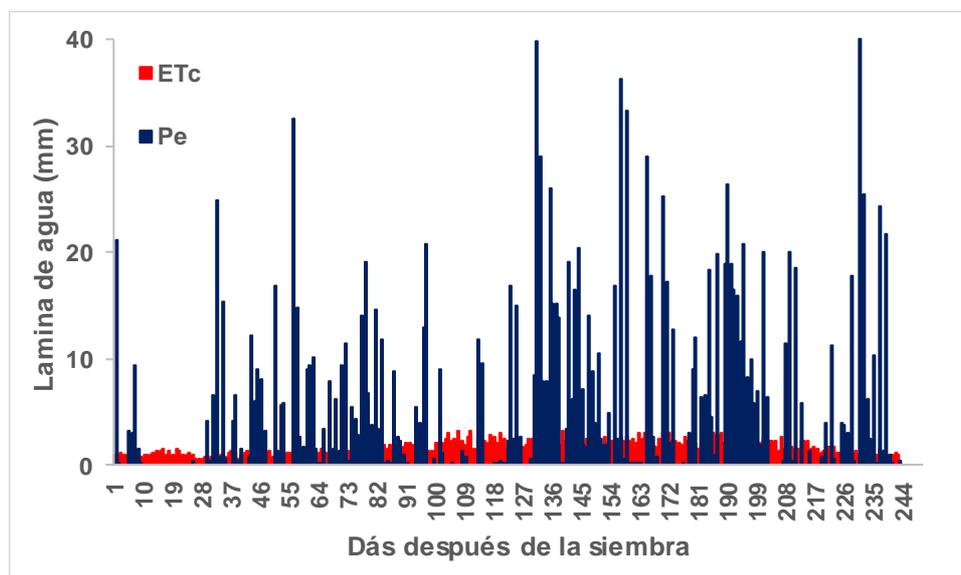


Figura 1. Precipitación efectiva (Pe) y evapotranspiración (ETc) en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC – Pichincha, 2021.

El balance hídrico, muestra que durante el ciclo del cultivo se aplicó una lámina de agua de 209 mm, en el tratamiento con riego. La humedad almacenada en el suelo (HA) para el tratamiento r1 (Con riego) fue de 225 mm y para r2 (sin riego) fue de 218 mm; siendo un 4% mayor, esto se debe a que en esta zona la precipitación en el año fue alta (Figura 2).

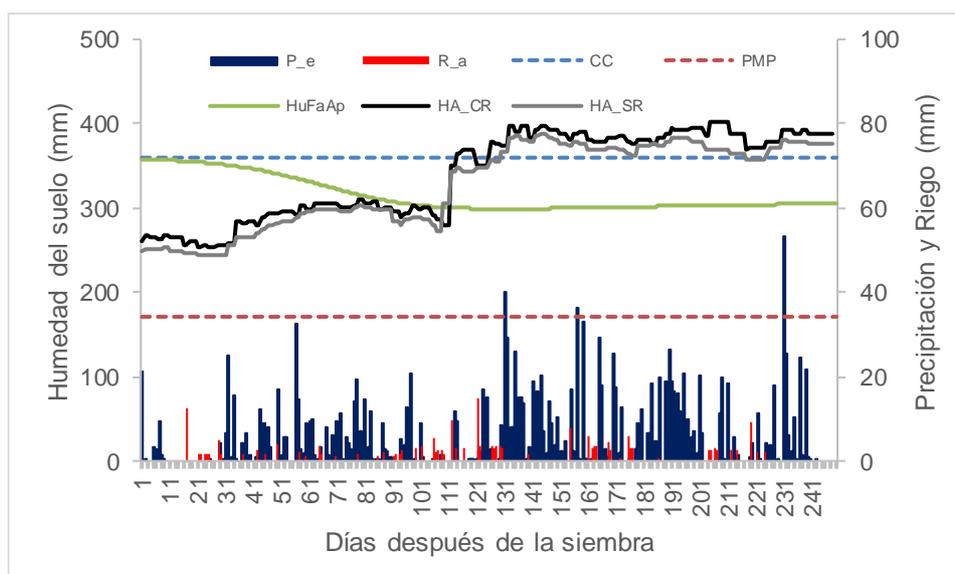


Figura 2. Balance hídrico en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC – Pichincha, 2021.

Rendimiento

El análisis de la varianza para el rendimiento de maíz, variedad INIAP-101, presentó diferencias estadísticas significativas para riego y fertilización química y no hubo significación estadística para la interacción entre el riego y la fertilización química. El coeficiente de variación es aceptable para esta investigación (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para rendimiento en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Bloques	3	0.09 NS
Riego	1	0.90 *
Error (a)	3	0.12
Fertilización química	2	6.22 **
Riego x Fertilización	2	0.15 NS
Error (b)	12	0.15
Total	23	
CV (%)	12.32	
Promedios (t ha ⁻¹)	3.23	

* = Significativo, NS = No significativo y CV = Coeficiente de variación.

Para el tratamiento con riego, la prueba de DMS al 5%, mostró en el primer rango al tratamiento r1 (con riego) con rendimiento de 3.43 t ha⁻¹ y en el segundo rango al tratamiento r2 (sin riego) con un rendimiento de 3.04 t ha⁻¹, indicando que existe una respuesta del maíz a la aplicación del agua de riego, con un 12% de incremento en el rendimiento (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de DMS para el riego en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Riego	Rendimiento (t ha ⁻¹)
r1	3.43 a

r2

3.04 b

Para los tratamientos con la aplicación de la fertilización química, la prueba de Tukey al 5%, en el primer rango al tratamiento f1 (100% fertilización química) con rendimiento de 4.07 t ha⁻¹, en el segundo rango al tratamiento f2 (50% fertilización química) con un rendimiento de 3.31 t ha⁻¹ y en el tercer rango al tratamiento f3 (0% fertilización química) con un rendimiento de 2.31 t ha⁻¹ de maíz (Tabla 10).

Tabla 10. Prueba de Tukey, para las fertilizaciones químicas en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Fertilización química	Rendimiento (t ha ⁻¹)
f1	4.07 a
f2	3.31 b
f3	2.31 c

En las interacciones de riego por la fertilización química la prueba de Tukey al 5%, se encontró cuatro rangos, ubicándose en el primer rango al tratamiento T1 (con riego y 100% fertilización química) con rendimiento de 4.32 t ha⁻¹ y el ultimo rango al tratamiento T6 (sin riego y 0% fertilización química) con un rendimiento de 2.01 t ha⁻¹ de maíz (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de Tukey para la interacción de riego por la fertilización química en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Riego	Fertilización química	Rendimiento (t ha ⁻¹)
T1	Con riego	100	4.32 a
T2	Con riego	50	3.35 b
T4	Con riego	0	2.62 c
T3	Sin riego	100	3.83 ab
T5	Sin riego	50	3.28 b
T6	Sin riego	0	2.01 d

Se puede apreciar que la aplicación del T1 (con riego y 100% fertilización química) tuvo un rendimiento de 4.32 t ha⁻¹; en tanto que el T4 (sin riego y 100% fertilización química) con un rendimiento de 3.83 t ha⁻¹ de maíz, notándose un incremento de 11.34%. Y al comparar con el T6 (sin riego y 0% fertilización química) con rendimiento de 2.01 t ha⁻¹, el incremento es mayor con 53.47%, apreciándose claramente que la aplicación de tecnologías como el riego y la fertilización química incrementan el rendimiento en el cultivo de maíz.

Extracción de nutrientes

La mayor extracción de nutrientes, se obtuvo con el del T1 (con riego y 100% fertilización química), con valores de 147.60 kg ha⁻¹ de N, 9.86 kg ha⁻¹ de P y 168.59 kg ha⁻¹ de K, obteniéndose una relación 14 - 1 - 17, de N - P - K, respectivamente. Notándose una alta extracción de N y K, en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101, siendo un efecto muy importante a la aplicación del agua de riego y fertilizantes edáficos (Tabla 12).

Tabla 12. Extracción de macronutrientes en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Extracción de macronutrientes (kg ha ⁻¹)		
	N	P	K
T1	147.60	9.86	168.59
T2	117.57	9.58	157.31
T3	85.73	7.17	107.07
T4	118.70	7.96	124.12
T5	101.62	6.50	109.62
T6	76.00	6.05	81.46

Los parámetros α , β y γ que mejor ajustan el modelo logístico normal para los macro nutrientes se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Parámetros del modelo logístico normal (α , β , γ), para macronutrientes en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	p	Macronutrientes		
		N	P	K
T1	α	147.7	9.86	168.6
	β	645.7	3771.5	433.7
	γ	0.05	0.08	0.06
T2	α	117.6	9.58	157.3
	β	1451.9	669.0	726.2
	γ	0.06	0.06	0.06
T3	α	85.74	7.17	107.1
	β	3310.6	441.1	1389.4
	γ	0.07	0.05	0.07
T4	α	118.7	7.96	124.2
	β	2894.6	2155.0	355.1
	γ	0.06	0.06	0.05
T5	α	101.7	6.50	109.7
	β	1474.8	724.0	266.0
	γ	0.06	0.06	0.05
T6	α	76.00	6.07	81.50
	β	30733.3	421.6	518.7
	γ	0.08	0.05	0.05

El modelo logístico normal, presentó para los macronutrientes con los tratamientos en estudio una fase lineal hasta los 50 días después de la siembra, la fase exponencial desde los 50 hasta 180 días después de la siembra y la fase final inicia a los 180 días después de la siembra (Figuras 3 y 4).

Eficiencia de uso del agua

El análisis de varianza para el uso eficiente del agua detectó diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna diferencia para repeticiones. El promedio

general de la investigación fue de 1.38 kg m^{-3} , con un coeficiente de variación de 13.00 %, siendo aceptable para este tipo de investigación (Tabla 14).

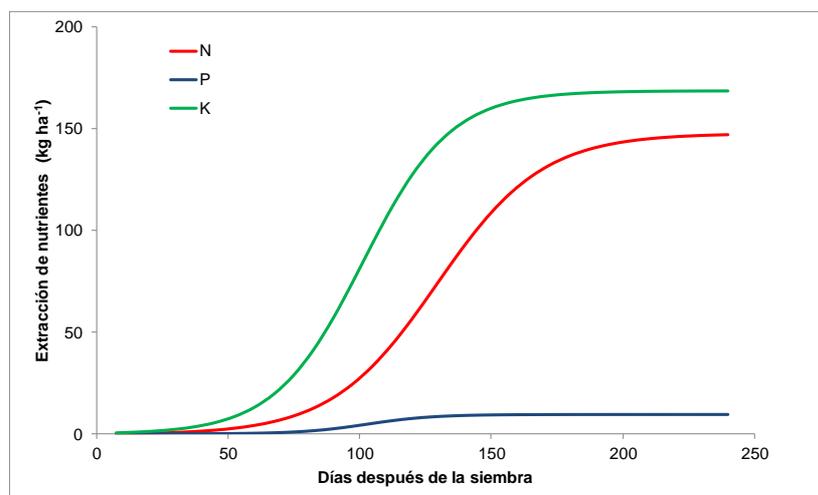
Tabla 14. Análisis de varianza para la eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Bloques	3	0.07 ^{NS}
Tratamientos	2	0.60 ^{**}
Error	6	0.03
Total	11	
CV (%)	13.00	
Promedios (kg m^{-1})	1.38	

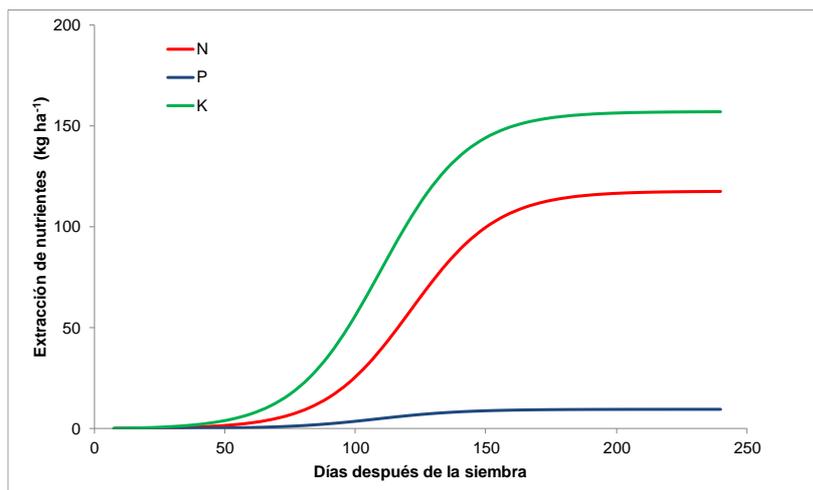
** = Altamente significativo, NS = No significativo y CV = Coeficiente de variación.

La prueba de Tukey al 5 % detectó dos rangos de significancia en la variable eficiencia del uso del agua. Con mejor respuesta se ubicó el tratamiento T1 (con riego y 100% fertilización química) con 1.78 kg m^{-3} , mientras que al final del segundo rango se ubicó el tratamiento T3 (con riego y 0% fertilización química) con 1.01 kg m^{-3} (Tabla 15).

a)



b)



c)

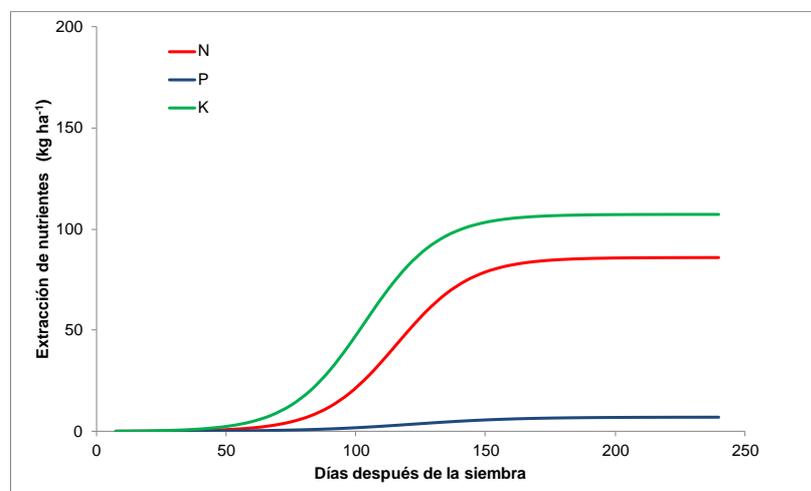
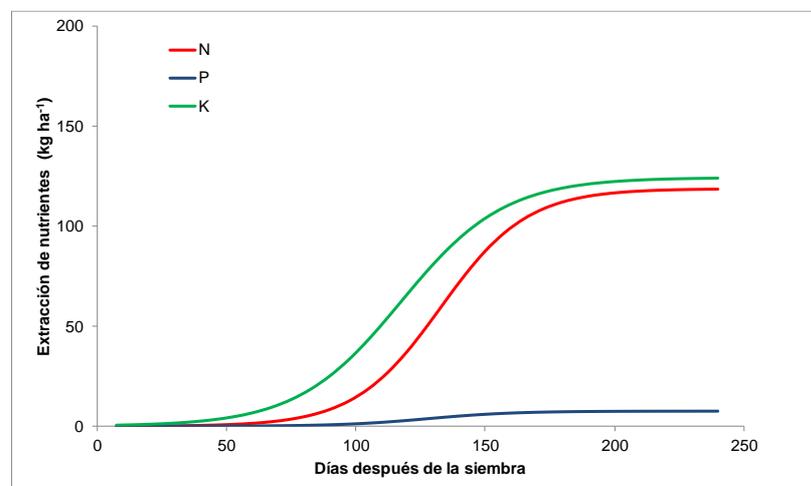
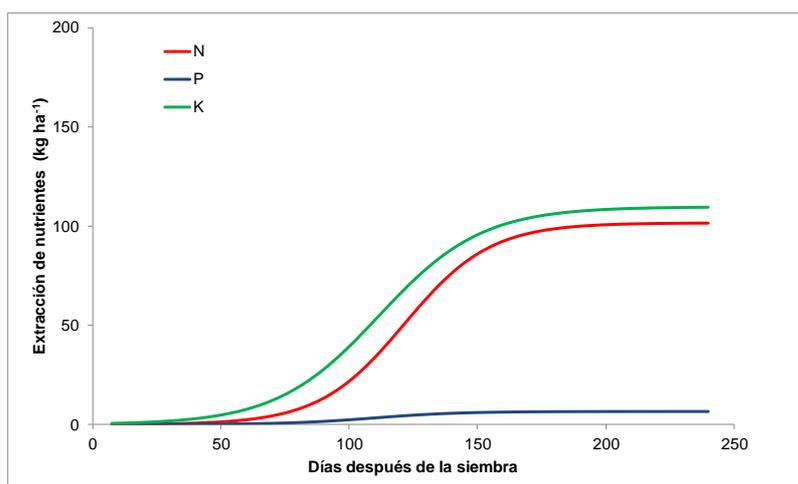


Figura 3. Extracción de macronutrientes en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101, para (a) Tratamiento 1, (b) Tratamiento 2 y (c) Tratamiento 3. EESC - Pichincha, 2021.

d)



e)



f)

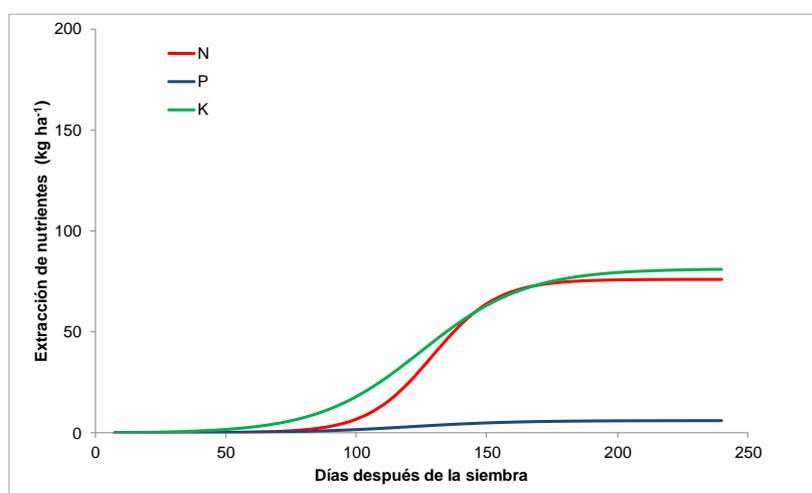


Figura 4. Extracción de macronutrientes en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101, para (d) Tratamiento 1, (e) Tratamiento 2 y (f) Tratamiento 3. EESC - Pichincha, 2021.

Tabla 15. Prueba de Tukey para la eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Riego	Fertilización química (%)	Rendimiento (kg m ⁻³)
T1	Con riego	100	1.78 a
T2	Con riego	50	1.36 b
T3	Con riego	0	1.01 b

Relación Beneficio/Costo

La mejor respuesta se observó con el tratamiento T1 (con riego y 100 % fertilización química) con una relación beneficio/costo de 1.67 USD, es decir que por cada dólar invertido se recupera el mismo dólar y se obtiene una ganancia de USD 0.67. Con menor respuesta se observó al tratamiento T6 (sin riego y 0 % fertilización química) con una ganancia de 0.03 USD (Tabla 16).

Tabla 16. Análisis económico, en el cultivo de maíz, variedad INIAP-101. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Beneficio (USD)	Costo (USD)	Beneficio/Costo
T1	3977.44	2386.35	1.67
T2	3090.87	2155.10	1.43
T3	2416.69	1967.70	1.23
T4	3524.02	2244.41	1.57
T5	3018.04	2089.62.	1.44
T6	1865.67	1805.30	1.03

3.4. Conclusiones

- El cultivo del maíz tuvo una alta respuesta a la aplicación del riego y la fertilización química.
- El mayor rendimiento de 4.32 t ha⁻¹, se obtuvo con la aplicación de riego y el 100 % de la recomendación de fertilización química.
- La extracción de nutrientes más alta fue de 147, 9 y 168 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente.
- La mejor eficiencia del uso del agua, se encontró con 1.78 kg m⁻³ con la aplicación de riego y 100% de le fertilización química.
- La más alta relación beneficio/costo se observó con el riego y 100 % fertilización química con un valor de 1.67 USD,

3.5. Recomendaciones

- Continuar con las evaluaciones del riego utilizando la metodología de la FAO y la fertilización química en el cultivo de maíz.
- Mejorar la recepción y procesamiento de la información climatológica de precipitación y evaporación.
- Realizar labranza reducida e incorporación de los residuos de la cosecha para incrementar la materia orgánica en el suelo.

Referencias:

- Calvache, M. (2011). Aplicaciones de las sondas electromagnéticas y de neutrones en la Ingeniería Agrícola. Quito: Universidad Central de Ecuador.
- Caviedes C., M. (2003). INIAP-101: Variedad de maíz blanco precoz (2a ed.). Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Pleg no. 82).
- Duchicela, J., Schultz, P., Kaonongbua, W., Middleton, E. & Bever, J. (2012). Non-native plants and soil microbes: potential contributors to the consistent reduction in soil aggregate stability caused by the disturbance of Nort American grasslands. *New Phytologist*, 196(1), 212-222
- INEN (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf

- Li, S., Kang, S. Li, F. & Zhang, L., (2008). Evapotranspiration and crop coefficient of spring maize with plastic mulch using eddy covariance in northwest China. *Agricultural Water Management* 95. 1214–1222.
- Mei, X., Gong. & Hao, W. (2017). Scheduling deficit irrigation of wheat-maize cropping system in north china plain by means of isotopic technique and aquacrop model. *Managing irrigation to enhance crop productivity under water-limiting conditions: a role for isotopic techniques*/Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. 9-34.
- Mestas, R., García, M., Báez. D. & Paz González, A. (2009). Estimación del consumo de agua en el cultivo del maíz, mediante el seguimiento de humedad en la zona radicular con sondas de capacitancia (FDR). *Estudios en la Zona no Saturada del Suelo*. Vol IX, O. Silva et al. Barcelona.
- Palacios, E. (2002). ¿Por qué, cuándo, cuánto y cómo regar? Para lograr mejores cosechas. Editorial trillas. Primera Edición. México. 214 p.
- Steduto, P., Hsiao, T., Raes, D. & Fereres, E., (2009). AquaCrop – the FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Journal of Agronomy*. 426-437.
- Ojeda, W. & Flores, J. (2015). Calendarización del riego: teoría y práctica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/391887138/IMTA-AGUSTI-WALDO-OJEDA-Calendarizacindelriego-pr>
- Valverde, F., Ramos, M., Vinueza, V., Silva, J., Ruales, W. & Parra, R. (2004). Sistemas de labranza de conservación de suelos y fertilización fosfórica en maíz. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. (Boletín Técnico no. 120).
- Wang, X.F. & Yakir, D. 2000. Using stable isotopes in evapotranspiration studies. *Hydrological Process*, 14:1407-1421.
- Yáñez, C., Zambrano, J. & Caicedo, M. (2013). Guía de Producción de Maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Programa de Maíz - INIAP. Quito, Ecuador.

Actividad 2.

Título:

Efecto del encalado sobre el rendimiento de chocho (*Lupinus mutabilis* variedad INIAP - Andino 450) en un andisol ecuatoriano

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Colaboradores:

Ing. Rafael Parra.

Antecedentes:

La acidificación es un proceso normal de los suelos, promovido por diferentes causas, entre las cuales se incluyen, la mineralización de la materia orgánica, la disminución de bases intercambiables en el suelo (Ca, Mg y K) por absorción de la planta, la aplicación de fertilizantes a base de nitrógeno y azufre y la presencia de aluminio intercambiable por evolución genética del suelo (Lora, 2010; INPOFOS, 1993).

El pH del suelo es uno de los factores que inciden sobre la fertilidad y disponibilidad de nutrientes para el normal crecimiento y producción de los cultivos; siendo la acidez un factor determinante que actúa directamente sobre la actividad de las raíces (Foth, 1985).

La acidez de un suelo está directamente relacionada con el contenido del ión aluminio (Al^{3+}), cuyo efecto de toxicidad que ocasiona degeneración y muerte de las raíces, siendo el principal responsable de la disminución en el rendimiento de las plantas, debido a que inhibe el desarrollo de las raíces (Salamanca, 1995; Zapata, 2004). Los materiales utilizados como correctivos de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, hidróxidos y óxidos de Ca y/o Mg que se les denomina enmiendas. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable los cuales permiten la precipitación del Al y por tanto la reducción de la acidez (Alcarde, 1992; Chaves, 1993; INPOFOS, 1997.).

La mayoría de los suelos de la sierra del Ecuador son suelos derivados de ceniza volcánica o Andisoles presentan también propiedades químicas y mineralógicas particulares; las primeras se deben básicamente a su composición elemental rica en aluminio, a una reactividad natural muy alta en su fracción coloidal y a su elevada área superficial. La composición elemental rica en aluminio es producto del lavado de silicio, sodio, calcio y otros cationes durante la formación del suelo (Pulido, 2006).

El Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina viene conduciendo un experimento de encalado en Andisoles ácidos desde 1986 con rotación de diversos cultivos. En el año 2020 se evaluó el cultivo de chocho INIAP-Andino 450, cuya información se detalla a continuación.

Objetivos:

General

- Determinar el efecto residual y la época del encalado sobre la acidez de un Andisol bajo un sistema de rotación de cultivos.

Específico

- Evaluar el rendimiento del cultivo de chocho a la aplicación de niveles y épocas de encalado.

Metodología:

Este experimento está ubicado en el Lote A4 de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Tabla 17).

Tabla 17. Ubicación del experimento de chocho variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía

Parroquia	Cutuglagua
Altitud (m.s.n.m.)	3062
Latitud	0° 22' 13" S
Longitud	78° 33' 13" O

Fuente: IGM, 2018.

En el experimento de encalado se estudiaron los factores, niveles y épocas de aplicación de cal (Tablas 18 y 19).

Tabla 18. Niveles de cal, para el cultivo de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Niveles	Descripción (t ha ⁻¹)
n1	1.5
n2	3.0
n3	4.5
n4	6.0
n5	9.0
n6	12.0
n7	15.0
n8	18.0

En las épocas de aplicación de cal, realizadas en los años 1986, 1992 y 1999, se utilizó carbonato de calcio en una concentración del 87%. En tanto que, para las parcelas que corresponden a la aplicación del año 1999 se volvió a encalar en el año 2014 con cal dolomítica y se repitieron las dosis de cal (Tabla 19).

Tabla 19. Épocas de aplicación de cal, para el cultivo de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Época	Descripción (años)
e1	1986
e2	1992
e3	2014

El resultado de la interacción de las épocas de aplicación y niveles de cal se obtuvieron 24 tratamientos (Tabla 20)

Tabla 20. Tratamiento en estudio, para el cultivo chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Niveles (t ha ⁻¹)	Épocas (años)
1	1.5	1986
2	1.5	1992
3	1.5	2014
4	3.0	1986
5	3.0	1992
6	3.0	2014
7	4.5	1986
8	4.5	1992
9	4.5	2014

10	6.0	1986
11	6.0	1992
12	6.0	2014
13	9.0	1986
14	9.0	1992
15	9.0	2014
16	12.0	1986
17	12.0	1992
18	12.0	2014
19	15.0	1986
20	15.0	1992
21	15.0	2014
22	18.0	1986
23	18.0	1992
24	18.0	2014

El diseño experimental fue de Bloques Completamente al Azar en arreglo de Parcela Dividida (DBCAPD), en la cual la parcela grande (PG) corresponde al factor niveles de cal, con un tamaño de 90 m² (6 m x 15 m) y las subparcelas (SP) a las épocas de aplicación con un tamaño de 30 m² (6 m x 5 m); con tres repeticiones.

Para el año 2021, se sembró chocho variedad "INIAP Andino 450". La distancia de siembra fue de 0.80 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, dos plantas por sitio, obteniéndose una densidad de 50000 plantas por hectárea. Se utilizó 24 kg ha⁻¹ de semilla. En base al análisis químico del suelo y con la tabla guía de recomendaciones de fertilización química para el cultivo de chocho, se realizó una fertilización general a todo el experimento con una dosis de 94, 69 y 34 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O; respectivamente. El N fue fraccionado en dos aplicaciones, a la siembra y 45 días después de la siembra. La variable evaluada fue rendimiento.

Resultados:

Rendimiento

El análisis de la varianza para el rendimiento de chocho, no presentó diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) para niveles de cal, épocas de aplicación de cal y la interacción. Se observó que existen incrementos en el rendimiento del cultivo para los niveles de cal, las épocas y la interacción (Tabla 21).

Tabla 21. Análisis de varianza para rendimiento de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Bloques	2	0.02 NS
Niveles de cal	7	0.01 NS
Error (a)	14	0.04
Épocas de aplicación	2	0.01 NS
Niveles x Épocas	14	0.01 NS
Error (b)	32	0.02
Total	71	
CV (%)	15.75	
Promedios (t ha ⁻¹)	0.93	

* = Significativo, NS = No significativo y CV = Coeficiente de variación,

Para los niveles de cal el mayor rendimiento se tuvo con 0.99 t ha^{-1} , con el tercer nivel, es decir con 4.5 t ha^{-1} de cal, en tanto, que el menor rendimiento se tuvo con 0.87 t ha^{-1} con el primer nivel que tiene una dosis de cal de 1.5 t ha^{-1} confirmando que el chocho es un cultivo que tiene respuesta leve al encalado (Tabla 22).

Tabla 22. Niveles de cal en el cultivo de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Niveles	Rendimiento (t ha^{-1})
n1	0.87
n2	0.97
n3	0.99
n4	0.96
n5	0.90
n6	0.95
n7	0.91
n8	0.91

La frecuencia de tres aplicaciones de cal independiente de la época 3 (año 2014), el mayor rendimiento se tuvo con 0.95 t ha^{-1} , con tres aplicaciones de cal, seguida por la época 2 (año 1992), y una aplicación de cal en la época 1 (año 1986), notándose que el chocho es un cultivo poco susceptible a la acidez del suelo (Tabla 23).

Tabla 23. Promedios para las épocas de aplicación de cal en el cultivo de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Épocas de aplicación	Rendimiento (t ha^{-1})
e1	0.90
e2	0.94
e3	0.95

Para la interacción de niveles de cal por épocas de aplicación, los Tratamientos 6 (3 t ha^{-1} de cal con tres épocas de aplicación) y 18 (12 t ha^{-1} de cal con tres épocas de aplicación), tuvieron los mayores rendimientos con 1.02 y 0.99 t ha^{-1} , respectivamente y el tratamiento 1 (1.5 t ha^{-1} de cal con una época de aplicación) con el menor rendimiento de 0.83 t ha^{-1} de chocho (Tabla 24).

Tabla 24. Promedio para la interacción de niveles por épocas de aplicación de cal, para el cultivo de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Niveles (t ha^{-1})	Épocas (años)	Rendimiento (t ha^{-1})
1	1.5	1986	0.83
2	1.5	1992	0.89
3	1.5	2014	0.90
4	3.0	1986	0.90
5	3.0	1992	0.98
6	3.0	2014	1.02
7	4.5	1986	0.95
8	4.5	1992	1.00

9	4.5	2014	1.02
10	6.0	1986	0.90
11	6.0	1992	1.00
12	6.0	2014	0.97
13	9.0	1986	0.90
14	9.0	1992	0.91
15	9.0	2014	0.89
16	12.0	1986	0.95
17	12.0	1992	0.92
18	12.0	2014	0.99
19	15.0	1986	0.87
20	15.0	1992	0.92
21	15.0	2014	0.95
22	18.0	1986	0.92
23	18.0	1992	0.90
24	18.0	2014	0.90

Las ecuaciones cuadráticas del efecto de las tres épocas de aplicación de cal en el rendimiento de chocho, se aprecia que para la época con tres aplicaciones de cal la función cuadrática tiene un mejor ajuste con un coeficiente de correlación de 0.04, coeficiente de variación de 10.03%, cuadrado medio del error con 0.01 y obteniéndose la dosis óptima de cal con 6.84 t ha⁻¹ con un rendimiento de 0.98 t ha⁻¹ de chocho (Tabla 25 y Figura 5).

Tabla 25. Ecuaciones de regresión para épocas de aplicación de cal, en el cultivo de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Épocas	Ecuación	R ²	CV	CM
1	$y = - 0.0007x^2 + 0.0152x + 0.8492$	0.01	21.23	0.03
2	$y = - 0.0005x^2 + 0.0076x + 0.9391$	0.02	17.29	0.02
3	$y = - 0.0005x^2 + 0.0068x + 0.9518$	0.04	10.03	0.01

R² Coeficiente de correlación, CV = Coeficiente de variación (%) y CM= Cuadrado medio del error.

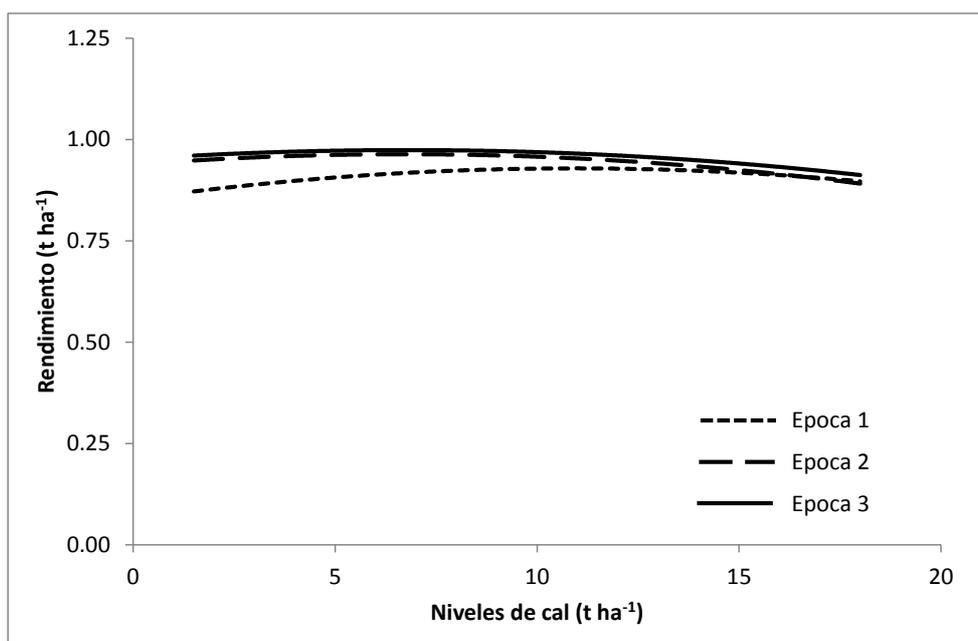


Figura 5. Efecto de los niveles y épocas de aplicación de cal sobre el rendimiento promedio de chocho, variedad INIAP-Andino 450. EESC - Pichincha, 2021.

Conclusiones:

- El cultivo de chocho presentó una baja respuesta al encalado, lo que implica que el cultivo es poco susceptible a la acidez del suelo.
- Los mayores rendimientos se obtuvieron cuando se realizó el encalado con la dosis de 3 t ha⁻¹ de cal y con tres épocas de aplicación.

Recomendaciones:

- Continuar con las evaluaciones del encalado con otros cultivos y localidades.
- Realizar el análisis químico de plantas para determinar la extracción de nutrientes.
- Elaborar el protocolo de investigación para ser presentado al Comité técnico de la Estación Experimental Santa Catalina.
- Realizar publicaciones de los resultados obtenidos, debido a que es un experimento de más de veinte años.

Referencias:

- Alcarde, J. (1992). Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. ANDA, Sao Paulo, Brasil. Boletim Técnico No. 6. 26 p.
- Chaves, M. (1993). Importancia de las características de calidad de los correctivos de acidez del suelo: desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo. DIECA, San José, Costa Rica. 41 p.
- Foth, D. (1985). Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Continental. México D.F. p. 207-228.
- IGM. (2018). Carta Topográfica 1:250000.

- INPOFOS. (1993). Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito. p 35-49.
- INPOFOS. (1997). Manual internacional de la fertilidad de suelos. Quito. pp. 1-1 hasta 3-3.
- Lora, R. (2010). Capítulo 2: Propiedades químicas del suelo. pp. 77- 134. En: Burbano, O. & Silva M F (eds). Ciencia del suelo principios básicos. Primera edición. Bogotá DC: Editorial Guadalupe S.A.
- Pulido, C. (2006). Andisoles. Instituto Geográfico Agustín Codazzi- Colciencias. En: Estudio de las sustancias húmicas en andisoles y mollisoles de Colombia desarrollados bajo ambientes ecológicos diferentes. Sin publicar. Bogotá, Colombia. pp. 1-10.
- Salamanca, R. (1995). Suelos y fertilizantes. Universidad Santo Tomás. Bogotá. pp. 120-150.
- Zapata, R. (2004). Química de la acidez del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Cali, Colombia. 208 p.

Actividad 3.

Título:

Respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola a la aplicación de cinco soluciones nutritivas mediante fertirriego

Responsable:

Dr. Yamil Cartagena.

Colaboradores:

Ing. Rafael Parra.
Ing. Alejandro Arteaga.

Antecedentes:

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cuatro cultivos alimenticios más importantes del mundo junto con el trigo, arroz y maíz (Devaux et al., 2010). Aproximadamente 1.4 mil millones de personas consumen papa y la producción total mundial anual del cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas (CIP, 2015). En el Ecuador, el rendimiento promedio nacional en el 2018 fue de 16.28 t ha⁻¹, siendo la variedad Superchola la más cultivada con un 62%. La producción se concentra principalmente en las provincias de la Sierra, de las cuales Carchi tiene la mayor superficie cosechada, con alrededor de 6 145 ha y un rendimiento promedio de 21.68 t ha⁻¹ (MAG, 2019).

Una de las principales razones para lograr producciones aceptables de papa es el uso de semilla de calidad, de esto depende la expresión de variados factores (rendimiento potencial, producción sana y rentabilidad) que, en óptimas condiciones de manejo, permiten al cultivo expresar su potencial productivo y las características propias de la variedad (Inostroza, 2009). El uso de semilla de baja sanidad en ciclos sucesivos provoca la degeneración de la misma, término que se utiliza cuando un cultivo no alcanza el potencial de rendimiento y la calidad esperados (Andrade-Piedra et al., 2015).

Entre las causas para que el Ecuador tenga rendimientos bajos comparado con Colombia y Perú, es que solo el 12% de los productores utiliza semilla certificada, mientras que el 88% utiliza material reciclado (MAG, 2019), adicional a esto la oferta de semilla registrada y certificada que lo realizan el MAG e INIAP en conjunto con los multiplicadores certificados de semilla es insuficiente para atender a los demandantes de papa a nivel nacional (Flores et al., 2012).

Otro factor importante en la producción de papa es la fertilización, ante lo cual una alternativa para suministrar los nutrientes de manera oportuna es la utilización de fertilizantes disueltos en el agua de riego denominada “fertirrigación”, siendo una tecnología muy importante para el ahorro de agua y nutrientes (Santos & Ríos, 2016). Esta aplicación de fertilizantes debe sincronizarse con los momentos de mayor absorción del cultivo, para de esta manera lograr una mejor eficiencia en el uso de los mismos a lo largo del ciclo, esto mediante la generación de planes de fertirrigación (Bertsch, 2005).

Siendo la utilización de semilla de calidad un factor primordial para la obtención de buenos rendimientos con la sanidad adecuada se planteó como objetivo la determinación de las curvas de absorción de nutrientes en la variedad de papa Superchola con lo cual se podrá mejorar las recomendaciones de fertirrigación en la producción de semilla prebásica.

Objetivos:

General

- Evaluar el efecto de la aplicación de cinco soluciones nutritivas mediante fertirriego en el crecimiento y rendimiento del cultivo de papa variedad Superchola.

Específicos

- Determinar la mejor solución nutritiva para la variedad Superchola en fertirriego.
- Realizar las curvas de extracción de nutrientes de cada uno de los tratamientos.
- Evaluar el rendimiento de semilla genética o fijomejorada (pre básica) de la variedad Superchola.
- Cuantificar la eficiencia del uso del agua.

Metodología:

El experimento se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, cuyas características se presentan en las Tablas 26, 27 y 28.

Tabla 26. Ubicación del invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina. Pichincha, 2021.

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Altitud (m.s.n.m).	3058
Latitud	0° 22' 2" S
Longitud	78° 33' 18" O

Fuente: (INAMHI, 2021)

Tabla 27. Características Agroclimáticas del invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina. Pichincha, 2021.

Parámetros	Datos
Temperatura promedio máxima (° C).	25.33
Temperatura promedio mínima (°C).	7.38
Temperatura promedio (°C).	13.98
Humedad relativa promedio (%).	69.42

Fuente: Estación meteorológica Skie colocada en el invernadero

Tabla 28. Información meteorológica de la estación Izobamba. Pichincha, 2021.

Parámetros	Datos
Precipitación anual (mm).	2400
Temperatura media anual (°C).	12
Humedad relativa promedio (%).	79
Altitud (m.s.n.m).	3058

Fuente: (INAMHI, 2021).

Del sitio donde se realizó el experimento, se tomó muestras de suelo y agua, cuyos resultados se muestran en las Tablas 29, 30 y 31.

Tabla 29. Taxonomía del suelo utilizado como sustrato. Pichincha, 2021.

Ítem	Descripción
Orden.	Andisol
Sub Orden.	Udands
Gran Grupo.	Hapludands
Sub Grupo.	Vitric Hapludads
Clase Textural.	Franco Arenoso

Fuente: (MIDENA *et al.*, 2013).

Tabla 30. Análisis químico del suelo utilizado como sustrato. Pichincha, 2021.

Nutriente	Valor	Unidad
N	39.00	mg kg ⁻¹
P	65.00	mg kg ⁻¹
K	0.50	meq 100 g ⁻¹
Ca	6.33	meq 100 g ⁻¹
Mg	0.68	meq 100 g ⁻¹
S	9.80	mg kg ⁻¹
pH	5.17	

Tabla 31. Análisis químico del agua utilizada para el riego. Pichincha, 2021.

Nutriente	Valor	Unidad
Ca	20.0	mg L ⁻¹
Mg	4.5	mg L ⁻¹
Na	10.3	mg L ⁻¹
K	3.2	mg L ⁻¹

Tabla 31. Continuación...

Nutriente	Valor	Unidad
HCO ₃	119.0	mg L ⁻¹
Cl	9.9	mg L ⁻¹
SO ₄	2.4	mg L ⁻¹
pH	6.33	
CE	0.17	dS m ⁻¹

Se utilizaron fundas plásticas de 15 litros de capacidad, con suelo como sustrato el cual fue desinfectado con carboxin + captan. Las plántulas fueron provenientes de esquejes de la variedad Superchola.

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos: T1 (Testigo), T2 (Método Racional), T3 (INIAP), T4 (Steiner) y T5 (Pilvicsa), en cada tratamiento de establecieron 36 fundas (180 fundas total), en cada funda se colocó una plántula, siendo la unidad experimental una funda (Tabla 32).

Tabla 32. Tratamiento en estudio, para el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Trat.		kg ha ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	S
T1	Testigo	0	0	0	0	0	0
T2	Racional	151	0	0	0	0	0
T3	INIAP	213	40	56	36	11	90
T4	Steiner	115	17	92	89	24	38
T5	Pilvicsa	218	138	477	19	104	77

El agua se suministró por goteo para todos los tratamientos de manera creciente durante el ciclo del cultivo, con dosis de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 litro por planta. La fertirrigación se realizó a través del agua de riego, con una frecuencia de tres veces por semana. Se realizaron cinco muestreos destructivos de las plantas a los 1, 47, 83, 103 y 131 días después del trasplante (ddt).

Las variables evaluadas fueron rendimiento, extracción de nutrientes (muestreos a los 1, 47, 83, 103 y 131 días después del trasplante).

La extracción de nutrientes se modeló utilizando una regresión logística normal con la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{\alpha}{1 + \beta x e^{(-\gamma x^t)}}$$

En dónde:

Y = Extracción de nutrientes en el tiempo.

α = Valor límite de extracción de nutrientes.

β = No tiene significado biológico y solo toma lugar en el tiempo inicial t = 0.

γ = Tasa de la constante que determina la amplitud de la curva.

t = Tiempo.

Resultados:

Rendimiento

En el análisis de la varianza, respecto al rendimiento de papa y sus categorías, se observaron diferencias altamente significativas. Los promedios generales fueron 4.49 t ha⁻¹ para la categoría gruesa, 4.25 t ha⁻¹ para la categoría primera, 4.11 t ha⁻¹ para la categoría segunda, 2.95 g ha⁻¹ para la categoría tercera y 15.80 t ha⁻¹ para el rendimiento total, con coeficientes de variación de 48.41, 40.03, 32.72, 68.20 y 16.75 %, respectivamente. La variabilidad especialmente en la categoría tercera, se atribuye a que los pesos por cada tubérculo de esta categoría son muy variables, con valores desde 1 hasta 19 gramos (Tabla 33).

Tabla 1. Análisis de la varianza para rendimiento total y categorías, para el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios				
		Gruesa	Primera	Segunda	Tercera	Total
Total	59					
Tratamientos	4	35.99 **	23.36 **	26.13 **	37.63 **	252.30 **
Error	55	4.73	2.89	1.81	4.06	7.00
C.V. (%)		48.41	40.03	32.72	68.20	16.75
Promedio (tha ⁻¹)		4.49	4.25	4.11	2.95	15.80

* = Significativo, NS = No significativo y CV = Coeficiente de variación.

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos en el rendimiento total y por categorías detectó cuatro rangos de significación para el Total y dos rangos para las categorías; para el rendimiento total y las categorías gruesa y primera, el tratamiento T5 (Pilvicsa) obtuvo el mayor valor con 20.12, 7.20 y 5.91 t ha⁻¹, respectivamente; en tanto que para el tratamiento T4 (Steiner) lo hizo en las categorías segunda y tercera con 5.98 y 6.08 t ha⁻¹, respectivamente.

De otro lado para el rendimiento total las categorías gruesa y primera, el menor valor lo tuvo el tratamiento T1 (Testigo) con 9.43, 2.48 y 2.06 t ha⁻¹, respectivamente; en tanto que el tratamiento T2 (Método Racional), lo hizo para las categorías segunda y tercera con 2.43 y 1.75 t ha⁻¹, respectivamente. Cabe mencionar que hasta la categoría segunda se puede considerar como semilla (Tabla 34).

Tabla 2. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento total y categorías, para el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)				
	Gruesa	Primera	Segunda	Tercera	Total
T1 Testigo	2.48 b	2.06 b	2.79 b	2.10 b	9.43 d
T2 Racional	4.49 b	4.43 a	2.43 b	1.75 b	6.98 c
T3 INIAP	4.59 b	4.68 a	4.59 a	2.59 b	16.44 b
T4 Steiner	3.70 b	4.17 a	5.98 a	6.08 a	19.93 a
T5 Pilvicsa	7.20 a	5.91 a	4.75 a	2.26 b	20.12 a

Si bien es cierto en las tres investigaciones se trabajó con plántulas y se desarrollaron bajo condiciones de invernadero, las densidades de siembra fueron completamente

diferentes, así en el presente experimento se trabajó con 1.33 plantas m⁻², Cayambe, (2010) lo hizo con 33.33 plantas m⁻² y Mullo, (2014) con 38 plantas m⁻²; adicionalmente se cultivaron con técnica distintas así, mientras en esta investigación se trabajó en fundas de 15 litros y con sustrato suelo donde se cultiva frecuentemente papa, Cayambe, (2010) lo hizo con la técnica de aeroponía y Mullo, (2014) trabajó en el Sistema de Inmersión Temporal utilizando camas de 4 x 1 x 0.40 m y un sustrato compuesto por tierra negra en un 70% y pomina en un 30%.

De otro lado en varias partes del mundo se han desarrollado investigaciones para la obtención de semilla genética o fijomejorada (pre básica) en hidroponía o aeroponía, sin embargo, la gran mayoría son de la sub especie tuberosum, a diferencia de la variedad Superchola misma que es de la sub especie Andígena; a pesar de eso se puede realizar una comparación con los resultados obtenidos, los cuales se muestra continuación: El rendimiento total T5 (Pilvicsa) con 804.92 g planta⁻¹ es superior a lo publicado por Chang *et al.*, (2011) quienes bajo la técnica de aeroponía probaron diferentes valores de conductividad eléctrica de la solución nutritiva y encontraron rendimientos de categoría genética o fijomejorada (pre básica) de 193, 227 y 281 g planta⁻¹ en las variedades Jayoung, Haryeong y Superior (*Solanum tuberosum*), respectivamente a los 90 ddt. El rendimiento total también es superior al reportado por Correa *et al.*, (2008) quienes compararon 3 sistemas de producción de semilla pre básica (camas, macetas y el sistema NTF) y encontraron valores de 43.15, 27.27 y 25.07 g planta⁻¹, respectivamente, para la variedad Monalisa a los 90 ddt.

Estas diferencias encontradas con sistemas similares de producción de semilla genética o fijomejorada (pre básica), se puede atribuir a que esta investigación utilizó como sustrato suelo en donde frecuentemente se cultiva papa, lo cual incidió en el incremento del rendimiento, esto ya que si comparamos el rendimiento del tratamiento T1 (Testigo) con 377.17 g planta⁻¹ es mayor a todos los autores citados y que trabajaron con este tipo de producción de semilla.

Extracción de nutrientes

La extracción de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) para el cultivo de papa, variedad Superchola, en los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5, se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35. Extracción de macronutrientes en el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	Extracción de macronutrientes (mg planta ⁻¹)		
	N	P	K
T1	2230.85	469.07	5074.52
T2	3414.93	499.22	5045.04
T3	4556.70	507.14	5424.76
T4	3403.82	546.44	6741.36
T5	4403.82	968.07	8253.81

Tabla 35. Continuación...

	Extracción de macronutrientes (mg planta ⁻¹)		
	Ca	Mg	S
T1	969.80	355.95	332.71
T2	1071.47	398.65	359.15
T3	1049.15	410.90	513.75
T4	1333.27	489.94	483.28

T5 1566.36 519.09 547.25

El modelo logístico normal, presentó para los macronutrientes con los tratamientos en estudio, una fase lineal de 40 días después de trasplante días (40 días), la fase exponencial tiene un crecimiento más rápido, y que se extendió hasta los 100 días después del trasplante (60 días) y la fase final culminó a los 130 días después del trasplante (30 días). Los parámetros α , β y γ que mejor ajustan el modelo logístico normal para los macro nutrientes se presentan en la Tabla 36 y en los Figuras 6 y 7.

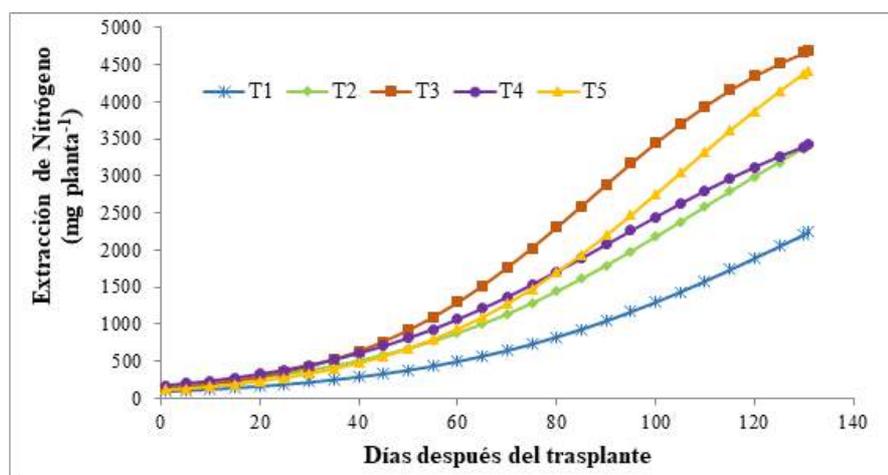
Tabla 36. Parámetros del modelo logístico normal (α , β , γ), para macronutrientes en el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamientos	p	Macronutrientes		
		N	P	K
T1	α	4309.0	584.1	6754.4
	β	45.1041	260.30	168.2
	γ	0.0297	0.0533	0.0476
T2	α	5197.0	655.4	6013.4
	β	32.0034	124.0	66.6156
	γ	0.0314	0.0458	0.0445
T3	α	5372.4	604.5	5472.6
	β	42.1219	108.30	12317290
	γ	0.0432	0.0487	0.1951
T4	α	4307.8	639.6	7039.4
	β	24.2146	144.50	1334.0
	γ	0.0346	0.0520	0.0821
T5	α	5745.1	1598.4	11493.8
	β	67.021	173.60	126.7
	γ	0.0413	0.0427	0.0441

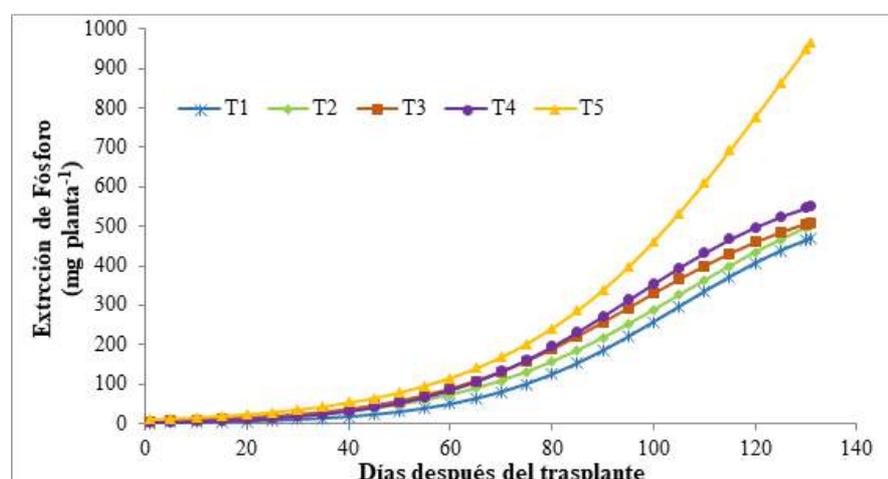
Tabla 36. Continuación...

Tratamientos	p	Macronutrientes		
		Ca	Mg	S
T1	α	1236.5	504.0	792.8
	β	82.6075	103.7	74.4534
	γ	0.0440	0.0422	0.0305
T2	α	1247.1	484.9	514.2
	β	53.2768	61.0083	37.3421
	γ	0.0460	0.0435	0.0342
T3	α	1204.4	444.7	598.1
	β	136.6	486.7	74.7238
	γ	0.0650	0.0760	0.0475
T4	α	1488.8	529.4	553.2
	β	146.7	381.6	72.9331
	γ	0.0606	0.0693	0.0485
T5	α	1992.7	630.4	844.7
	β	57.7539	74.7439	54.8357
	γ	0.0415	0.0452	0.0353

a)



b)



c)

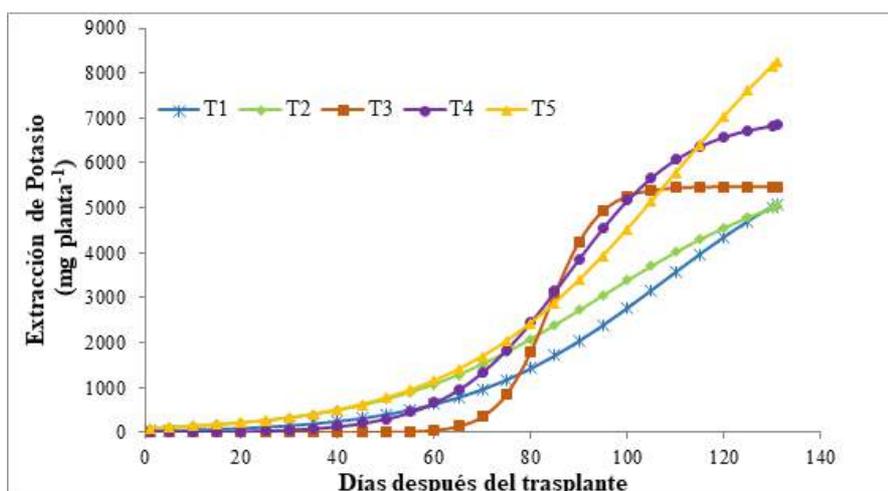
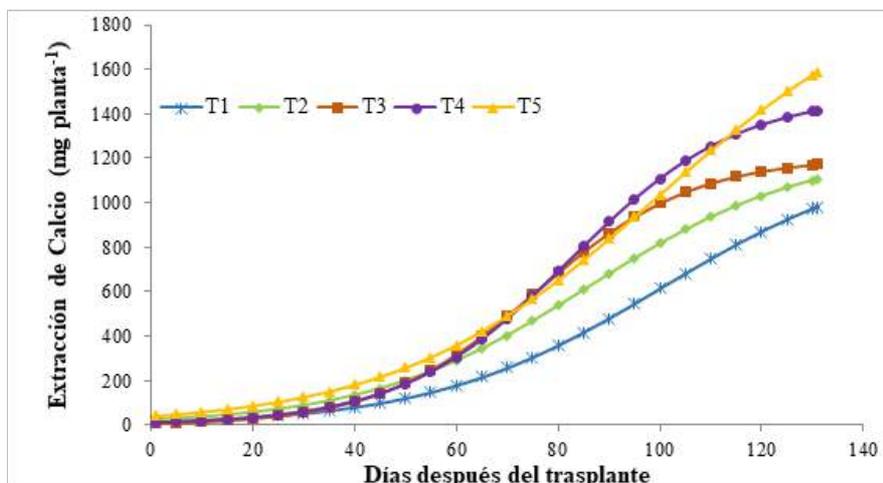
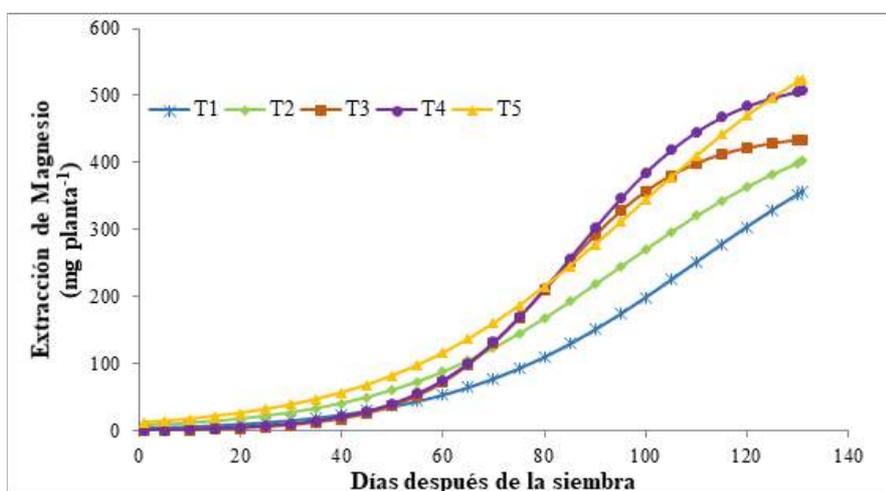


Figura 6. Extracción de macronutrientes en el cultivo papa, variedad Superchola, para (a) Nitrógeno, (b) Fósforo y (c) Potasio. EESC - Pichincha, 2021.

d)



e)



f)

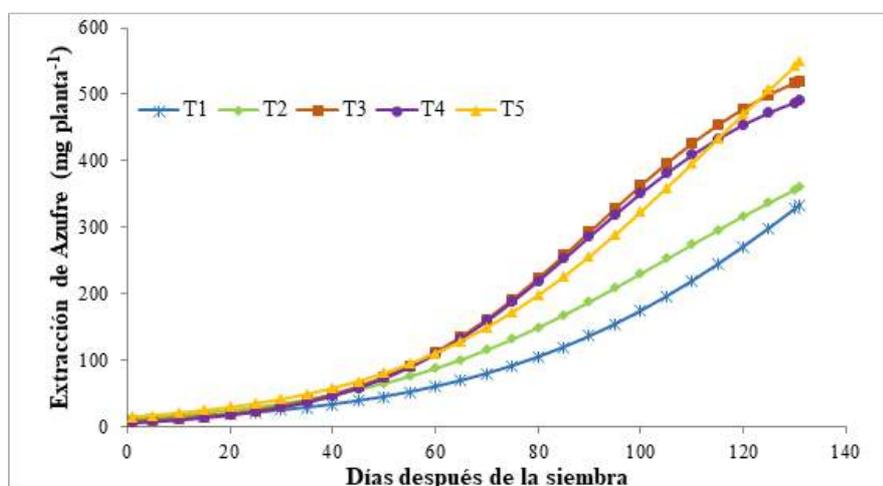


Figura 7. Extracción de macronutrientes en el cultivo papa, variedad Superchola, para (d) Calcio, (e) Magnesio y (f) Azufre. EESC - Pichincha, 2021

Eficiencia del uso del agua

El análisis de la varianza respecto a la eficiencia del uso de agua, detectó diferencias altamente significativas para tratamientos, con un promedio de 15.05 kg m⁻³ y un coeficiente de variación de 16.75 lo cual es muy bueno para este tipo de investigaciones (Tabla 37).

Tabla 3. Análisis de la varianza para la eficiencia del uso del agua, para el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios
Total	59	
Tratamientos	4	228.80 **
Error	55	6.35
C.V. (%)		16.75
Promedio (kg m ⁻³)		15.05

**= Altamente Significativo y CV = Coeficiente de variación.

La prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la eficiencia del uso de agua detectó 4 rangos de significación, ubicando en el primer lugar T5 y T4 en el rango a con valores de 19.16 y 18.98 kg m⁻³ respectivamente y al T1 en el último rango con 8.98 kg m⁻³ (Tabla 38).

Tabla 4. Prueba de Tukey al 5% para la eficiencia del uso del agua, para el cultivo papa, variedad Superchola. EESC - Pichincha, 2021.

Tratamiento	Eficiencia del uso del agua (kg m ⁻³)
T1 Testigo	8.98 d
T2 Racional	12.47 c
T3 INIAP	15.66 b
T4 Steiner	18.98 a
T5 Pilvicsa	19.16 a

Si comparamos el valor del mejor tratamiento T5 (19.16 kg m⁻³) es inferior al encontrado por Sánchez *et al.*, (2015) quienes evaluaron la eficiencia del uso de agua en la variedad Única obteniendo valor de 26.64 kg m⁻³; sin embargo se encuentra dentro del rango de valores reportados por González *et al.*, (2015) para distintas variedades de papa, los cuales van desde 6.96 hasta 26.72 kg m⁻³ (Tabla 38).

Conclusiones:

- Los tratamientos T5 (Pilvicsa) y T4 (Steiner) presentaron mejor comportamiento para las variables para rendimiento, extracción de nutrientes, biomasa y eficiencia del uso del agua.
- Los mayores valores de extracción de nutrientes para N, P, K, Ca, Mg y S los presentó el tratamiento T5 (Pilvicsa) al final del ciclo de cultivo (131ddt) con 4403.82, 968.07, 8253.81, 1566.36, 519.09 y 547.25 mg planta⁻¹, respectivamente.
- El mayor rendimiento total y en las categorías gruesa y primera, presentó T5 (Pilvicsa) con 804.92 g planta⁻¹ (20.12 t ha⁻¹), 287.92 g planta⁻¹ (7.20 t ha⁻¹) y 236.50 g planta⁻¹ (5.91 t ha⁻¹), respectivamente; para las categorías segunda y tercera se tuvo con el T4 (Steiner) con 239.33 g planta⁻¹ (5.98 t ha⁻¹) y 243.00 g

planta⁻¹ (6.08 t ha⁻¹), respectivamente, todo esto con una densidad de 25000 plantas ha⁻¹.

- La mejor eficiencia del uso del agua obtuvo el T5 (Pilvicsa) con 19.16 kg m⁻³, seguido de T4 (Steiner) con 18.98 kg m⁻³.

Recomendaciones:

- Utilizar otros modelos para ajustar el crecimiento de la planta de papa en la producción de semilla genética o fitomejorada y certificada.
- Realizar investigaciones con fertirriego en otras variedades de papa, con diferentes sustratos orgánicos e inorgánicos, los mismos que permitirán disminuir el efecto del suelo y mejorar la formulación de la solución nutritiva.
- Evaluar índices de crecimiento como: Tasa de Crecimiento de Cultivo, Tasa de Asimilación Neta, Tasa de Crecimiento Relativo, Tasa de Crecimiento Relativo Foliar, Relación de Área Foliar e Índice de Área Foliar, con la finalidad de expresar la producción en términos de crecimiento.
- Aplicar el balance hídrico con información proveniente de una estación meteorológica para mejorar la eficiencia del uso de agua.
- Investigar en la producción de semilla certificada en diferentes variedades con el uso de diferentes soluciones nutritivas, en condiciones de invernadero y campo.

Referencias:

- Andrade-Piedra, J., Kromann, P., & Otazú, V. (2015). Manual para la Producción de Semilla de Papa usando Aeroponía: Diez años de Experiencias en Colombia, Ecuador y Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP). Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3070>
- Bertsch, F. (2005). Estudios de Absorción de Nutrientes como Apoyo a las Recomendaciones de Fertilización. *Informaciones Agronómicas*, 57, 1-10. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/C01B3122AB8E6C80852579A300744525/\\$FILE/Estudios%20de%20a bsorci%C3%B3n%20de%20nutrientes%20como%20apoyo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/C01B3122AB8E6C80852579A300744525/$FILE/Estudios%20de%20a bsorci%C3%B3n%20de%20nutrientes%20como%20apoyo.pdf)
- Cayambe, Tubérculo J. (2010). Evaluación de Soluciones Nutritivas Dinámicas para la Producción de Semilla Categoría Prebásica en dos Variedades de Papa bajo El Sistema Aeropónico. Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador.
- Chang, D. C., Cho, I. C., Suh, J.-T., Kim, S. J., & Lee, Y. B. (2011). Growth and Yield Response of Three Aeroponically Grown Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to Different Electrical Conductivities of Nutrient Solution. *American Potato Research*, 88, 450-458
- CIP. (2015). Dato y Cifras de la Papa. Centro Internacional de la Papa. Disponible en: <https://cipotato.org/es/lapapa/dato-y-cifras-de-la-papa/>
- Correa, R., Pereira Pinto, J. E., Pereira Pinto, C. A., Faquin, V., Soares Reis, E., Beraldo Monteiro, A., & Dyer, W. (2008). A Comparison of Potato Seed Tuber Yields in Beds, Pots and Hydroponic Systems. *Scientia Horticulturae*, 116, 17-20
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). El Sector Papa en la Región Andina Diagnóstico y Elementos para una Visión Estratégica (Bolivia, Ecuador Y Perú). Centro Internacional de la Papa. DOI: <https://doi.org/10.4160/9789290603849>

- Flores, R., Naranjo, H., Galárraga, J., Sánchez, M., & Viteri, S. (2012). Estudio de la Demanda de Semilla de Papa de Calidad en Ecuador. Ofiagro, Centro Internacional de la Papa. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/67210>
- González, F., López, T., & Herrera, J. (2015). Indicadores de Productividad del Agua por Cultivos y Técnicas de Riego en Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24(4), 57-63.
- INAMHI. (2021). Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Retrieved from http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- Inostroza, J. (2009). Manual de Papas en La Araucanía: Manejo y Plantación. Instituto de Investigación Agropecuarias, Ministerio de Agricultura Chile. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7275>
- MAG. (2019). Boletín Situacional de la Papa 2018 Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador. Disponible en: http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin_situacional_papa_2018.pdf
- MIDENA, SENPLADES, IEE, & PICHINCHA, G. (2013). Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel Nacional. Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE). Disponible en: <http://www.geoportaligm.gob.ec/geodescargas/suelos/PN8-P148.pdf>
- Mullo, F. (2014). Producción de Semilla Prebásica de Papa (*Solanum Tuberosum*) de dos Variedades para la Agroindustria, Utilizando el Sistema de Inmersión Temporal Universidad Central del Ecuador]. Quito - Ecuador.
- Sánchez, M., & Meza, R. (2015). Evaluación del Rendimiento del Cultivo de Papa dajo la Aplicación del Riego Deficitario (PRD) Utilizando Cintas de Riego. Anales Científicos, 76(1), 21-28.
- Santos, B., & Ríos, D. (2016). Cálculo de Soluciones Nutritivas en Suelo y sin Suelo. Cabildo Insular de Tenerife. Disponible en: https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf

Actividad 4.

Título:

Evaluación del comportamiento agronómico, espectral y nutricional de variedades de pastos bajo condiciones climáticas de la Sierra centro norte del Ecuador.

Responsable:

Javier Manguashca (DMSA)

Colaboradores:

Antonio Guacapiña. (PRONAGA)

Arturo Godoy. (PRONAGA)
José Rivadeneira (DMSA)
José Velásquez (DPS)
Iván Samaniego (DNC)
Izar Sinde. (UFA)
Lorena Benítez (USFQ)
Marshury Alvear (U.C.E.)
Andrés Amaya (U.C.E.)

Antecedentes:

La producción ganadera juega un rol importante en el mundo, ya que genera productos básicos para la alimentación humana, entre los que se destaca la leche cuya base fundamental para producirla en forma eficiente, es la nutrición que se brinda a los animales, la cual debe basarse en el uso de productos que no compitan con aquellos de consumo humano, ni con la industria (biocombustibles) (León et al., 2018).

Los pastos son la fuente de alimentación más económica para la ganadería (León et al., 2018). A nivel nacional, el 58,6% de 5'279.613 hectáreas con uso agropecuario corresponde a pastos. El uso del suelo que se maneja a nivel nacional para el desarrollo de potreros cultivados es de 2'381.105 hectáreas que corresponden al 45,06% y de potreros naturales es de 712.747 que corresponden a 13,5% (INEC-ESPAC, 2018).

En la actualidad, el cambio climático está afectando a la producción y productividad agrícola y ganadera, a través del incremento del estrés térmico y de la reducción de la disponibilidad de agua, debido a que las temporadas de lluvias son cada vez más cortas y con reducción en las precipitaciones (IPCC, 2014), lo que contribuye a un desbalance productivo de los pastos y forrajes en el año.

Además, la falta de especies forrajeras de buena calidad, adaptadas a las condiciones ambientales prevalentes en las diversas zonas ganaderas, se señala como uno de los problemas que más limitan el desarrollo de la ganadería, por lo que es necesario identificar variedades de pastos mejoradas que presenten tolerancia y sean capaz de producir forraje en condiciones de sequía estacional, contribuyendo así a mejorar la productividad eficiente de leche en los bovinos de pequeños y medianos productores.

En el Ecuador se ha trabajado realizando estudios de evaluaciones agronómicas con distintas especies y variedades de pastos (mejoradas y naturalizadas), con el propósito de comparar el desarrollo, rendimiento y valor nutricional, para mejorar la calidad del pasto destinado para la alimentación del ganado (Medina, 2009; Velásquez, 2009; Quilligana, 2016). Con estos estudios se ha concluido que cada especie y variedad evaluada tiene un comportamiento y valor nutritivo diferente, a más de diferencias significativas en la adaptación al medio.

En el estudio realizado por Guacapiña, (2014), en el Programa de Ganadería del INIAP, se determinó el comportamiento agronómico y nutricional de 65 variedades de pastos de la Sierra, donde se tuvo rendimientos promedios en época lluviosa de 2.200 kg MS ha⁻¹ en variedades mejoradas y 1.080 kg MS ha⁻¹ en el kikuyo (pasto naturalizado) y en época seca 1.500 kg MS ha⁻¹ y 600 kg MS ha⁻¹, respectivamente, concluyendo que los pastos son cultivos que se afectan con el comportamiento y distribución de las precipitaciones durante el año.

Por otra parte, en el Ecuador, la teledetección aplicada al desarrollo de las pasturas se ha limitado a escasos trabajos de investigación en pasturas de la Sierra centro norte,

donde el uso de los índices espectrales y la relación con plataformas aéreas no tripuladas en pastos reducen notablemente los costos de monitoreo en relación a la agricultura convencional, el uso de geoestadística en la comparación de datos resultantes de sensores remotos determinó que el análisis mediante plataformas aéreas presenta mejores resultados para la evaluación de las pasturas (Cevallos, 2018).

En lo referido a la calidad nutricional de las pasturas, relacionada con teledetección Gaon, 2018, determinó que, el uso de radiometría de campo expresado en índices espectrales puede ser usado en el establecimiento de relaciones directas de índices de vegetación y el contenido nutricional de los pastos, correlacionando el grado de madurez de la pastura con la digestibilidad de la misma, estos valores fueron asociados a índices de vegetación, demostrando la gran capacidad que posee el sensoramiento remoto en el análisis durante el desarrollo de las pasturas.

Objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico, espectral y nutricional de variedades de pastos bajo condiciones climáticas de la Sierra centro norte del Ecuador

Objetivos específicos

- Evaluar la adaptabilidad, comportamiento productivo y respuesta espectral en campo de variedades de pastos.
- Evaluar el valor nutritivo de variedades de pastos.
- Identificar variedades promisorias en las diferentes especies de pastos que promuevan la productividad de leche.
- Evaluar el uso de eficiencia del agua

Metodología:

El experimento está ubicado en el lote No. 19 de la Unidad de Apoyo a la Investigación Pecuaria (UAIP) del Programa de Ganadería de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Tabla 39).

Tabla 39. Características ecológicas, políticas, geográficas y ambientales de la Unidad de Producción de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Detalle	Característica
Piso altitudinal	Montano
Región altitudinal	Templada
Zona climática	Húmedo - Templado
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Latitud	00° 22' 00'' S
Longitud	78° 33' 00'' O
Altitud	3058 m
Humedad relativa	79%
Temperatura promedio anual	12 °C
Precipitación media anual época lluviosa	1300 mm

Precipitación media anual época seca 171 mm

Fuente: INAMHI, 2019.

En el experimento, se estudiaron como factor variedades de pastos agrupadas en 9 especies (Tabla 40).

Tabla 40. Variedades de pasturas empleadas. EESC- Pichincha 2021.

Tratamiento	Rye grass anual	Rye grass perenne	Rye grass híbrido	Pasto azul
T1	Magnun	Albion	Sabana	Quick draw
T2	Green leaf	Tetraverde	Bandito	Potomac
T3	Max	Ohau	Tetralite	Baridana
T4	Pichincha	Premiun	Shugon	
T5	Austral	Pastoral		
T6	Gulf	Duramas		
T7	Tetilia			

Tabla 40. Continuación...

Tratamiento	Trébol blanco	Trébol rojo	Llantén	Achicoria	Kikuyo
T1	Ladino gigante	Dynamite	Llantén	Chicory	Kikuyo
T2	Green	Oregon			

El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones para Rye grass perenne, anual, híbrido, pasto azul, trébol blanco, trébol rojo.

El tamaño de cada parcela fue de 12m² (3.0 m de ancho por 4.0 m de largo), con un total de 81 parcelas.

Resultados:

Índices espectrales para rye grass híbrido (*Lolium hybridum*)

El análisis de la varianza para variedades de pastos de rye grass híbrido (*Lolium hybridum*), no presenta significancia estadística para tratamiento y repeticiones en el índice de vegetación de diferencia (DVI), índice de vegetación de diferencia renormalizado (RDVI) y el índice de contenido de clorofila (CCI), con promedios de 33.17, 4.95 y 1.54 y los coeficientes de variación de 11.42%, 5.41% y 5.87% respectivamente (Tabla 41).

Se presentaron significancias estadísticas ($P \geq 0,05$) para los tratamientos en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de vegetación normalizada verde (GNDVI) y el índice de vegetación ajustada al suelo (SAVI) con promedios de 0.75, 0.72 y 1.12 y coeficientes de variación de 3.04%, 2.34% y 3.02% respectivamente (Tabla 41).

De igual forma se presentó significancia estadística para la repetición en el índice de cobertura verde (GCI) con promedio de 5.92 y coeficiente de variación de 8.82%; las diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) se encontraron en los tratamientos en el índice de pigmentación insensible a la estructura (SIPI) con promedio de 0.99 y coeficiente de variación de 0.43% (Tabla 41).

Tabla 41. Análisis de varianza para índices espectrales de cuatro variedades de rye grass híbrido (*Lolium hybridum*). EESC- Pichincha 2021.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	NDVI	DVI	GNDVI	RDVI
Total	11				
Tratamiento	3	0.0341 *	0.8292 NS	0.037 *	0.314 NS
Repetición	2	0.2246 NS	0.4647 NS	0.218 NS	0.232 NS
Error	6				
CV (%)		3.04	11.42	2.34	5.41
Promedio (índice)		0.75	33.17	0.72	4.95

* = Significativo. NS = No significativo y CV = Coeficiente de variación.

Tabla 41. Continuación...

Fuente de Variación	Grados de Libertad	GCI	CCI	SIPI	SAVI
Total	11				
Tratamiento	3	0.2018 NS	0.2027 NS	0.001 **	0.033 *
Repetición	2	0.0419 *	0.1819 NS	0.057 NS	0.211 NS
Erro	6				
CV (%)		8.81	5.87	0.43	3.02
Promedio (índice)		5.92	1.54	0.99	1.12

* = Significativo, NS = No significativo y CV = Coeficiente de variación.

Para los tratamientos con significancia y alta significancia estadística de los índices NDVI, GNDVI, SIPI y SAVI, la prueba de Tukey al 5%, mostró (Tabla 42):

Tabla 42. Prueba de Tukey 5% para índices espectrales para cuatro variedades de rye grass híbrido (*Lolium hybridum*). EESC- Pichincha 2021.

Tratamiento	Índice NDVI	Índice GNDVI	Índice SIPI	Índice SAVI
T1	0.74 ab	0.72 ab	0.99 bc	1.09 ab
T2	0.72 a	0.70 a	1.00 c	1.06 a
T3	0.78 ab	0.75 b	0.98 b	1.15 ab
T4	0.78 b	0.74 ab	0.97 a	1.16 b

El NDVI, dos rangos, donde el tratamiento T2 (Bandito) ocupa el primer rango con una media de 0.72; mientras que el T4 (Shugon) ocupa el último rango con una media de 0.78.

El GNDVI, dos rangos, donde el tratamiento T2 (Bandito) ocupa el primer rango con una media de 0.70; mientras que el T3 (Tetralite) ocupa el último rango con una media de 0.75.

El SIPI, tres rangos, donde los tratamientos T4 (Shugon) ocupa el primer rango con una media de 0.97; mientras que el T2 (Bandito) ocupa el último rango con una media de 1.00.

La SAVI, dos rangos, donde el tratamiento T2 (Bandito) ocupa el primer rango con una media de 1.06; mientras que el T4 (Shugon) ocupa el último rango con una media de 1.16.

Conclusiones:

- El uso de los índices de vegetación en las variedades del Rye grass híbrido (*Lolium hybridum*), puede ser una herramienta para análisis en el desarrollo de pasturas considerando el espectro en el VNIR (visible – infrarrojo cercano).
- En cuanto al índice NDVI, los tratamientos T3 y T4 presentan un mejor vigor de las variedades de Rye grass híbrido (*Lolium hybridum*).
- Para el índice GNDVI, al ser un valor asociado al verdor del cultivo, se observa de igual forma que el NDVI que los tratamientos T3 y T4 presentan un mayor vigor.
- El índice SIPI, es un índice sensible a cambios de estructura pudiendo ser usado en la identificación de vegetación estresada, se puede observar que el tratamiento T4 de las variedades de Rye grass híbrido (*Lolium hybridum*) presenta un cierto grado de estrés asociado a bajos niveles de precipitación.
- En el índice SAVI, el tratamiento T2 presenta una menor cobertura del área de estudio con una media de 1.06.

Recomendación:

- Continuar con las evaluaciones durante el segundo año de establecimiento de la pastura con la finalidad de confirmar los comportamientos espectrales de las variedades de rye grass híbrido (*Lolium hybridum*).

Referencias:

Cevallos, L., Rivadeneira, J., Andrade, B., Leiva, C., Sinde, I., Yépez, J., Manguashca J. & Toulkeridis, T. (2018). "A NDVI Analysis Contrasting Different Spectrum Data Methodologies Applied in Pasture Crops Previous Grazing – A Case Study from Ecuador," 2018 International Conference on Democracy & Government (ICEDEG), Ambato, 2018, pp. 126-135.

Gaon, S. (2018). Contraste de los índices de vegetación por radiometría en relación a la digestibilidad in situ de dos gramíneas forrajeras. Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí Ecuador. pp. 91.

Guacapiña, A. (2014). Evaluación del comportamiento agronómico y nutricional de 65 variedades de pastos de la sierra. Tesis previa para la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. IASA I. ESPE. p. 55- 87.

INAMHI. (2019). Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Retrieved from http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf

INEC-ESPAC. (2018). Visualizador de estadísticas y censos. Informe Ejecutivo.

IPCC. (2014). Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p. 1435.

León, R., Bonifaz, N. & Gutiérrez F. (2018). Pastos y Forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas. 1era Edición. Editorial Universitaria Abya-Yala Quito, Ecuador.

Medina, C. (2009). Evaluación morfológica y nutricional de cinco variedades de rye grass bianual en lugares representativos de las zonas ganaderas de leche en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Cotopaxi. p. 66-69.

Quillagana, S. (2016). Comparación productiva de tres cultivares de rye grass perenne (*Lolium perenne*) en términos de producción y calidad, Tambillo- Ecuador. p. 27-32.

Velásquez, P. (2009). Evaluación morfológica y nutricional de cinco variedades de rye grass bianual en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. p. 66-69.

Actividad 5.

Título:

Servicio de análisis de suelos, plantas y aguas, capacitación, divulgación y promoción

Responsable:

Dr. Ivan Samaniego.

Colaboradores:

Dr. Yamil Cartagena.
Ing. José Lucero.
Ing. Irma Nicolalde.
Lcda. Nathaly Santorum.
Ing. Rafael Parra.
Sra. Liliana Jácome.
Sra. Marina Tiglla.

Antecedentes:

El Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) es parte del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina, y se constituye como uno de los principales departamentos de apoyo a la investigación del INIAP.

En un sistema de producción agropecuario sustentable, el análisis químico de suelos ocupa un lugar muy destacado como una herramienta de diagnóstico de la fertilidad del suelo, además es la base para una correcta recomendación de aplicación de enmiendas y fertilizantes, para mejorar y recuperar los suelos, cuando se tiene por objetivo aumentar la productividad y la producción, consecuentemente llevando al agricultor a la obtención de mayores ingresos.

Asociado a otras técnicas de diagnóstico de la fertilidad del suelo, como el análisis químico de plantas, el agua de riego, abonos orgánicos y correctivos, el análisis químico de suelos constituye la información básica indispensable, principalmente cuando se tiene como objetivo la máxima producción económica, así como una investigación verídica y sustentable.

El Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) a través del laboratorio ofrece el servicio de análisis de suelos, plantas, agua de riego y abonos orgánicos desde 1972; siendo la capacidad analítica entre 100 a 200 muestras semanales, variando en función de la demanda y recursos asignados; y desde entonces su misión ha sido la de constituirse en un ente de servicio para agricultores, investigadores, empresarios, promotores de desarrollo rural, estudiantes, extensionistas, comunidad científica nacional e internacional.

Objetivos:

Objetivo general

- Alcanzar máxima eficiencia y calidad en el servicio de análisis de suelos, plantas, abonos orgánicos y aguas; con el afán de contribuir a la conservación de los recursos suelo, planta y agua en nuestro país.

Objetivos específicos

- Realizar el análisis químico de suelos, plantas, abonos y aguas con fines de riego.
- Homologar y armonizar los métodos de análisis químicos de suelos, plantas, abonos y aguas.
- Acreditar al laboratorio bajo la norma ISO 17025.
- Incrementar la capacidad operativa y consecuentemente de ingresos económicos.
- Mantener adecuadamente el instrumental del laboratorio.
- Difundir el trabajo de esta unidad a través de visitas y capacitación de estudiantes, técnicos, asesores, agricultores y otros.

Metodología:

Los métodos de análisis químicos de suelos, plantas y aguas y los análisis físicos de suelos utilizados por el laboratorio de la EESC se presentan en los Tablas 43, 44, 45 y 46.

Tabla 43. Métodos de análisis químicos y físicos de suelos, utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas. EESC - Pichincha, 2021.

Parámetro	Método
pH.	Potenciométrico, relación suelo: agua (1:2.5).
Nitrógeno (NH ₄).	Fotocolorimétrico-Azul Indofenol en extracto Olsen Modificado pH 8.5.
Nitrógeno (NO ₃).	Fotocolorimétrico-Ácido Salicílico en extracto Sulfato de potasio.
Nitrógeno total (NT).	SemimicroKjeldahl.

Macro y micro-cationes
(Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn).
Azufre (S).

Espectroscopia de Absorción Atómica en
extracto Olsen Modificado pH 8.5.
Turbidimétrico-Cloruro de bario en
extracto de fosfato de calcio.

Tabla 43. Continuación...

Parámetro	Método
Boro (B).	Fotocolorimétrico - Curcumina en extracto de fosfato de calcio.
Materia Orgánica (MO).	Analizador de carbono Orgánico Total T.O.C. y Volumétrico - Walkley y Black.
Acidez y aluminio.	Volumétrico en extracto de KCl 1 N
Salinidad.	Volumétrico y Espectroscopia de Absorción Atómica en pasta de saturación
Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	Método del cloruro de bario y Método del acetato de amonio pH 7.
Cloruros.	Volumétrico en extracto acuoso.
Conductividad eléctrica (CE).	Conductométrico en extracto de pasta saturada.
Textura.	Bouyoucos Modificado.
Retención de Humedad.	Ollas de presión.

Fuente: Bremner, 1965; Alcántar & Sandoval, 1999.

Tabla 44. Métodos de análisis químico de plantas, utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas. EESC - Pichincha, 2021.

Parámetro	Método
Nitrógeno Total (NT).	Semimicro Kjeldahl.
Fósforo (P).	Fotocolorimétrico-Metavanadato de amonio en extracto de digestión húmeda nítrico-perclórica.
Macro y micro elementos (Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn).	Espectrometría de emisión atómica. por plasma acoplado inductivamente, ICP-OES. Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto de digestión húmeda nítrico-perclórica.
Azufre (S).	Turbidimétrico-Cloruro de bario en extracto de digestión húmeda nítrico-perclórica.
Boro (B).	Fotocolorimétrico-Curcumina por calcinación.
Cloruros (Cl).	Volumetría en extracto acuoso.
Materia seca (MS).	Gravimétrico.

Fuente: Alcántar & Sandoval, 1999.

Tabla 45. Métodos de análisis químico de abonos orgánicos, utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas. EESC - Pichincha, 2021.

Parámetro	Método
Nitrógeno Total (NT).	SemimicroKjeldahl.
Carbono Total (CT).	Calcinación.
Fósforo (P).	Fotocolorimétrico - Metavanadato de

amonio en extracto de digestión húmeda
nitríco - perclórica.

Tabla 45. Continuación...

Parámetro	Método
Macro y micro cationes (Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn).	Espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente ICP-OES Espectroscopia de Absorción Atómica en extracto de digestión húmeda nitríco-perclórica.
Azufre (S).	Turbidimétrico - Cloruro de bario en extracto de digestión húmeda nitríco-perclórica.
Boro (B).	Fotolorimétrico - Curcumina por calcinación.
Materia seca (MS).	Gravimétrico.

Fuente: Alcántar & Sandoval, 1999.

Tabla 46. Métodos de análisis químico de agua, utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas. EESC - Pichincha, 2021.

Parámetro	Método
pH.	Potenciométrico.
Conductividad eléctrica (CE).	Conductimétrico.
Macro y micro cationes (Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn).	Espectroscopia de Absorción Atómica.
Sodio (Na).	Espectroscopia de Absorción Atómica.
Boro (B).	Fotolorimétrico - Curcumina.
Carbonatos (CO_3^{2-}).	Volumétrico.
Bicarbonatos (HCO_3^-).	Volumétrico.
Sulfatos (SO_4^{2-}).	Fotolorimétrico.
Cloruros (Cl).	Volumétrico.

Fuente: Alcántar & Sandoval, 1999.

Resultados:

El número de muestras analizadas en el año 2021 del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas, corresponden a un total de 6716 análisis (Tabla 47); de los cuales 5607 análisis son para agricultores y con una baja demanda para investigación con 1109 análisis, en comparación con años anteriores.

Esto se debe al efecto de la pandemia por COVID 19 y nuevas normativas impuestas por la Dirección de Producción y Servicios (Protocolo de investigación aprobado, fuente de financiamiento y matriz de planificación de muestras).

Para investigación se han realizado los análisis de suelos, plantas y aguas para los Programas de Cambio Climático, Cereales, Fruticultura, Forestería, Leguminosas Raíces y Tubérculos rubro Papa, Departamentos de Biotecnología, Manejo de Suelos y Aguas, Planificación y Producción de Semillas y la Estación Experimental Santa Catalina (Tabla 48 y Figura 8).

Tabla 47. Número de muestras analizadas durante 6 años, por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas, para agricultores e investigación. EESC - Pichincha, 2021.

Tipo de análisis	Año						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Suelos							
Agricultores	3052	5211	2008	1450	1419	1338	1673
Investigación	782	2568	1466	378	851	57	296
Plantas							
Agricultores	2929	699	694	470	756	490	407
Investigación	847	227	1092	2734	1014	162	530
Aguas							
Agricultores	57	93	36	37	80	217	243
Investigación	0	0	5	29	34	0	0
Elemento							
Agricultores	1873	740	2268	2406	1370	1721	3284
Investigación	913	205	5072	2063	1679	129	283
Total	10453	9743	12641	9567	7203	4114	6716

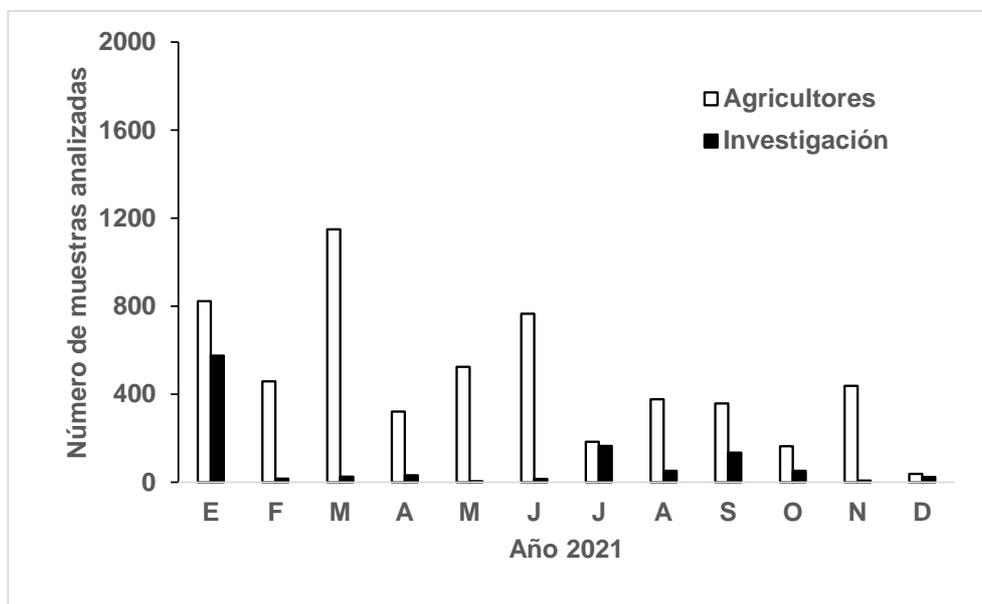


Figura 8. Número de muestras analizadas por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas, durante los meses de enero a diciembre para agricultores e investigación. EESC - Pichincha, 2021.

En el año 2021, se continuó con el programa de mantenimiento para los equipos de ICP-OES, absorción atómica, estufas y de las campanas extractoras de gases.

El servicio de análisis del laboratorio, así como el trabajo del DMSA, fue difundido durante el 2021, a través de pasantías y visitas al laboratorio. En cuanto a pasantías, recibió 2 pasantes, así como de estudiantes de distintas universidades e institutos superiores del país.

Tabla 48. Número de muestras analizadas por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas, para los Programas y Departamentos. EESC - Pichincha, 2021.

Programa/Departamento	Tipo de análisis	Número de muestras
Programa de Cambio Climático	Análisis de suelos	15
	Análisis de plantas	15
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	0
Programa de Cereales	Análisis de suelos	137
	Análisis de plantas	70
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	96
Programa de Fruticultura	Análisis de suelos	4
	Análisis de plantas	5
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	5
Programa de Forestería	Análisis de suelos	72
	Análisis de plantas	0
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	144
Programa de Leguminosas	Análisis de suelos	9
	Análisis de plantas	0
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	0
Programa de Nacional de Raíces y Tubérculo Papa	Análisis de suelos	4
	Análisis de plantas	0
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	0
Departamento de Biotecnología	Análisis de suelos	25
	Análisis de plantas	0
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	0
Departamento de Manejo de Suelos y Aguas	Análisis de suelos	1
	Análisis de plantas	432
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	2
Departamento de Planificación	Análisis de suelos	6
	Análisis de plantas	0
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	24
Departamento de Producción de semillas	Análisis de suelos	20
	Análisis de plantas	0
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	0
Estación Experimental Santa Catalina	Análisis de suelos	3
	Análisis de plantas	8
	Análisis de aguas	0
	Análisis por elemento	12
Total		1109

Conclusiones:

- Durante este año no se ha cumplido la capacidad analítica debido a efectos de la pandemia del COVID 19 y las nuevas normativas impuestas por la institución.
- El laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas del DMSA, ha recibido nuevos equipos para la determinación analítica con el Proyecto de Canje de la Deuda Ecuador-España, que permitirán ampliar su capacidad de operación, eficiencia y calidad de los análisis químicos; así como minimizar el uso de reactivos contaminantes.

Recomendaciones:

- Capacitar al Personal Técnico en métodos de análisis químicos y físicos de suelos, análisis químicos de plantas, abonos y aguas.
- Implementar la sistematización con programas de digitalización y redes internas para recepción de muestras y emisión de reportes de resultados de análisis físicos y químicos de suelos, análisis químicos de plantas, abonos y aguas.
- Homologar y armonizar los métodos de análisis químicos de suelos, plantas, abonos y aguas.
- Acreditar el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas con la norma 17025.

Referencias:

- Alcántar, G. & Sandoval, M. (1999). Manual de análisis químico vegetal. Publicación especial 10. Sociedad mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- Bremner, J. (1965). Inorganic nitrogen. In: C. C. Black *et al.*, (eds) Methods of soil analysis. PART II. Agronomy Journal 9: 684-687.