

FECHAS SE SIEMBRA AL TEMPORAL PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL VALLE DE TUMBACO, ECUADOR

Randon Ortiz Calle

Universidad Central del Ecuador, Facultad de
Ciencias Agrícolas

Karina Limaico Quinteros

Universidad Central del Ecuador, Facultad de
Ciencias Agrícolas

Maritza Chile Asimbaya

Universidad Central del Ecuador, Facultad de
Ciencias Agrícolas

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: La determinación de las fechas de siembra al temporal mediante el balance hídrico permite aprovechar al máximo las lluvias estacionales para garantizar la seguridad alimentaria. El presente estudio se realizó para determinar la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor y determinar la fecha con mejor disponibilidad hídrica. Se utilizó información climatológica diaria para el año seco, medio y húmedo, con 35 fechas de siembra por año, desde septiembre hasta marzo con cinco fechas por mes. Resultados: i) el año más seco se registró en 1992, el año medio en 1994 y el año húmedo en 2017; ii) la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor fue la primera semana de noviembre, y iii) la fecha de siembra con una mejor distribución del agua, la cuarta semana de noviembre. En conclusión: i) además de la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor se identificó una nueva alternativa en la cuarta semana de noviembre, con una mejor distribución del agua en todos los años evaluados; ii) los balances hídricos realizados permitieron encontrar un período de siembra entre la primera semana de noviembre y la primera semana de diciembre (1-nov a 7-dic), lo cual facilitaría al agricultor la siembra del cultivo de maíz con las primeras lluvias que ocurran en este período, incluyendo la selección de los días según la fase lunar (saber ancestral).

Palabras clave: Agricultura de temporal, seguridad alimentaria, precipitación efectiva, evapotranspiración de referencia, balance hídrico.

INTRODUCCIÓN

La agricultura de temporal es un sistema de producción agrícola milenario que se basa en el aprovechamiento de las lluvias estacionales para producir alimentos, provee alrededor del 62 % de la demanda alimenticia de la población mundial (FAO, 2002), y es afectada

por la variabilidad de la precipitación y de la temperatura (Nahayo *et al.*, 2018). Según el reporte del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), el rendimiento de los cultivos al temporal se reducirá entre un 10 y 20 % para el año 2050 (Bates *et al.*, 2008), por otro lado, el incremento de la temperatura favorecerá el desarrollo de pestes y enfermedades, las cuales disminuirán el rendimiento del cultivo, afectando a la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores (IPCC, 2007). En Ecuador, este tipo de agricultura cubre el 72 % del área cultivada, y en la provincia de Pichincha el 85 %. A nivel nacional, el cultivo de maíz suave cubre una superficie de 48 mil hectáreas, y en la provincia de Pichincha, 2492 hectáreas de maíz suave seco y 2261 hectáreas de maíz suave choclo (ESPAC, 2019). El maíz suave es un componente muy importante en la dieta alimenticia de los ecuatorianos, siendo el consumo anual de 14.5 kg por persona, como: tostado, mote, choclo cocido, tamales, humitas y en la fanesca (Yáñez, Zambrano & Caicedo, 2013). A nivel de pequeños productores (sierra ecuatoriana), la producción de maíz es para auto consumo.

La variación de la precipitación no solo afecta al rendimiento del cultivo, sino también a la superficie a cultivarse. El rendimiento del cultivo de maíz al temporal depende de la intensidad y frecuencia de las lluvias (Bannayan, Eyshi & Hoogenboom, 2013; Vonk, 2013; Nahayo *et al.*, 2018). En el Valle de Tumbaco, la variabilidad de la precipitación está influenciada por el fenómeno “El Niño” y “La Niña”, considerando que el Valle se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del río Esmeraldas, vertiente del pacífico (Comunidad Andina, s/f; Nolivos & Santos, 2002; Montalvan & Avilés, 2018). En esta zona, la precipitación en los meses lluviosos presenta un coeficiente de variación promedio del 52 %, con una precipitación mínima de

4.9 mm y máxima de 263.8 mm en el mes de octubre (mes más lluvioso). En lo que respecta a la frecuencia entre lluvias (“veranillos” de 10 a 20 días de duración), mientras más amplia es la frecuencia más grave es la afectación sobre el desarrollo del cultivo (Mongi, Majule & Lyimo, 2010). La variación de la precipitación es interpretada por los agricultores como años buenos y años malos, entendiéndose como años buenos aquellos en que el rendimiento del cultivo sobrepasa 2.0 t ha^{-1} , y años malos, cuando el rendimiento alcanza 1.0 t ha^{-1} . En función de la precipitación las áreas sembradas varían de año a año, en 2010 (provincia de Pichincha), un año con buenas precipitaciones (ligeramente mayor a la normal) se sembraron 4286 hectáreas, y en el año 2015, con precipitaciones bajas (menores a la normal) se sembraron 2602 hectáreas (ESPAC, 2019).

Las fechas de siembra al temporal utilizadas por los agricultores se basan en criterios (saberes ancestrales) como las primeras lluvias de la estación invernal, fases de la luna, Almanaque de Bristol, y se programa la cosecha de maíz choclo para la fiesta religiosa de semana santa (Akinngabe & Irohibe, 2014; Limaico, 2019; Rea, 2020; Rodríguez, 2020). Los agricultores en su mayoría están conscientes de que existe una variación en la ocurrencia de las precipitaciones y que cada vez es más difícil determinar la mejor fecha de siembra (Mongi, Majule & Lyimo, 2010; Limaico, 2019; Rea, 2020; Rodríguez, 2020).

Desde el punto de vista técnico, hoy en día se pueden utilizar modelos matemáticos para determinar fechas de siembra para varios escenarios de clima, suelo y cultivo (Adnan *et al.*, 2017), los cuales pueden implementarse a nivel experimental y luego de validarse, constituirse como una medida de adaptación de la agricultura al cambio climático, complementándose con las siguientes medidas: introducción de

variedades resistentes a las sequías, agricultura diversificada, prácticas de conservación de suelos (zanjas de infiltración y mulch con el material de las cosechas), agroforestería (para mejorar las condiciones ambientales de las parcelas e incrementar la materia orgánica en el suelo), rotación de cultivos, almacenamiento del agua de escorrentía en reservorios, educación, extensión, género y crédito (Akinngabe & Irohibe, 2014; Azadi *et al.*, 2019; Freire, 2020). Además de los modelos matemáticos, los balances hídricos en función de las láminas de almacenamiento del agua en el suelo, precipitación efectiva y evapotranspiración real, proporcionan resultados similares, convirtiéndose en una herramienta de ingeniería muy útil y de fácil manejo frente a la complejidad de un modelo matemático, en donde se requiere una gran cantidad de información para su procesamiento (Adnan *et al.*, 2017; Debaeke, Pellerin & Scopel, 2017).

En función de la evapotranspiración de referencia promedio y de la precipitación con una probabilidad de ocurrencia del 75 %; para la estación La Tola (Ecuador), Limaico (2019) encontró que la fecha de siembra con una mejor disponibilidad hídrica para el cultivo de maíz fue la primera semana de enero frente a la fecha de mayor frecuencia utilizada por el agricultor en la primera semana de noviembre; para la estación Tomalon Farms (Ecuador), Rea (2020) determinó que la fecha de siembra con mejor disponibilidad hídrica fueron las dos primeras semanas de febrero frente a la fecha tradicional de siembra del agricultor en la primera semana de septiembre; para la zona maicera de la provincia de Loja, Freire (2020) utilizando el modelo Aquacrop, determinó que la mejor fecha de siembra fue la primera década de enero frente a las fechas de siembra utilizadas por los agricultores en los meses de enero y febrero. Adnan *et al.* (2017) en Sudan, encontraron una alta correlación

entre el rendimiento proyectado por el modelo CEREZ-maize para diferentes fechas de siembra con los obtenidos en las parcelas experimentales.

El objetivo de la presente investigación fue determinar las fechas de siembra con mejor disponibilidad hídrica mediante el balance hídrico para 35 escenarios de siembra en los años seco, medio y húmedo, para aprovechar al máximo las precipitaciones estacionales en la producción del cultivo de maíz al temporal en el Valle de Tumbaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características ambientales del área de investigación. La presente investigación se desarrolló en el Valle de Tumbaco (callejón interandino y cuenca alta del río Esmeraldas), provincia de Pichincha (Ecuador), a una altura promedio de 2480 msnm, latitud sur: 0°13'46" y longitud oeste: 78° 22'0" (Figura 1).

El Valle de Tumbaco se caracteriza por tener dos estaciones climáticas bien diferenciadas, la lluviosa de octubre a mayo y verano de junio a septiembre; la humedad relativa máxima mensual se registra en el mes de abril con el 79.20 % (mes más lluvioso) y la mínima en el mes de agosto con el 65.70 % (mes más seco); la temperatura máxima varía entre 25.4 °C y 26.6 °C; la temperatura mínima varía entre 4.7 °C y 7.2 °C; la velocidad del viento máxima se registra en el mes de agosto con 1.70 m s⁻¹ y la mínima en el mes de abril con 0.70 m s⁻¹; el mes con el máximo número de horas de luz es agosto con 7.40 h d⁻¹ y el mes con el mínimo número de horas de luz es abril con 4.3 h d⁻¹.

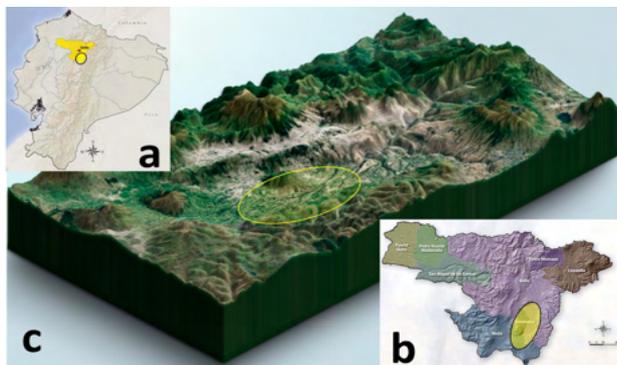


Figura 1. Ubicación del Valle de Tumbaco: República del Ecuador (a), Provincia de Pichincha (b) y Valle de Tumbaco (c).

MATERIALES

Se utilizó información climatológica diaria de la estación La Tola, serie de datos 1986–2017 (31 años). Las series de datos de precipitación, evaporación, temperatura máxima y mínima fueron sometidas a un control de calidad para verificar que sean estacionarios, homogéneos e independientes.

MÉTODOS

Encuestas a los agricultores. Para determinar las fechas de siembra de mayor frecuencia de los agricultores se realizó una encuesta a los agricultores ubicados en diferentes localidades del Valle de Tumbaco en donde se realiza la agricultura de temporal.

Balance hídrico. La evapotranspiración de referencia diaria se determinó por medio del tanque evaporímetro cuyo coeficiente para la estación La Tola es 0.72 (Ortiz *et al.*, 2018).

$$ET_0 = 0.72 \times E_0 \quad (1)$$

Donde: ET_0 , es la evapotranspiración de referencia (mm d⁻¹); E_0 , es la evaporación del tanque (mm d⁻¹).

El coeficiente de cultivo (K_c) se determinó para condiciones promedio de coeficientes obtenidos en estudios realizados en la región.

$$Kc = 0.4076 \times T^{(4.554E^{-3} \times T - 2.057E^{-5} \times T^2)} - 0.03944 \times \ln(T) \quad (2)$$

Donde: Kc, es el coeficiente para el cultivo de maíz; T, es el tiempo desde la germinación (el valor máximo de T es 180).

La evapotranspiración real se determinó al multiplicar el coeficiente de cultivo por la evapotranspiración de referencia (Allen *et al.*, 2006).

$$ETr = Kc \times ET_o \quad (3)$$

La precipitación a infiltrarse en un suelo se determinó por el método del Servicio de Conservación de Suelos del USDA en base al número de curva, considerando el tipo de suelo Franco (promedio de la zona de estudio) y las condiciones de humedad antecedentes a la lluvia (Rojas, 1980).

$$Si = 254 \times \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (4)$$

$$Es = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (5)$$

$$Pi = P - Es \quad (6)$$

Donde: CN, es el número de curva; Si, es la infiltración potencial (mm); Es, es la escorrentía superficial (mm); Pi, es la precipitación infiltrada (mm d⁻¹); P, es la precipitación diaria (mm).

Las láminas de agua en el suelo se determinaron para los contenidos de humedad a saturación, capacidad de campo, 30 % menos que capacidad de campo y marchitez permanente, para una profundidad radicular de 700 mm.

$$S = \frac{Sat \times Pr}{100} \quad (7)$$

Donde: S, es la lámina de agua a saturación (mm); Sat, es el contenido de humedad a saturación (%) y Pr, es la profundidad

radicular (mm).

$$CC = \frac{CC\% \times Pr}{100} \quad (8)$$

Donde: CC, es la lámina de agua máxima que un suelo puede almacenar (mm) y CC%, es el contenido de humedad a capacidad de campo (%).

$$LN = 0.7 \times CC \quad (9)$$

Donde: LN, es el umbral mínimo del agua rápidamente aprovechable (mm).

$$MP = \frac{MP\% \times Pr}{100} \quad (10)$$

Donde: MP, es la lámina de agua mínima en el suelo (mm) y MP%, es el contenido de humedad a marchitez permanente (%).

Para el balance hídrico se utilizó la siguiente ecuación adaptada a las condiciones de la Tola.

$$BH_o = LN + Pi - ETr - \text{para el día 1} \quad (11)$$

$$BH_1 = BH_o + Pi - ETr - \text{para el día 2 a 180} \quad (12)$$

Donde: BH, es el balance hídrico (mm). Para todas las fechas de siembra se consideró el contenido inicial del agua en el suelo para LN. Si BH es menor a S (ecuación 7), este valor se considera como almacenamiento del agua en el suelo, y si es mayor, la diferencia entre BH y S, se considera como percolación profunda.

Fechas de siembra. El balance hídrico se realizó para 35 fechas de siembra, desde septiembre hasta marzo, con 5 fechas por mes. Para cada fecha, incluyendo la de mayor frecuencia del agricultor, se realizó el balance hídrico para el año con menor precipitación de la serie histórica o “seco”, año con precipitación media o “normal” y para el año con la máxima precipitación o “húmedo”.

RESULTADOS

Según las encuestas realizadas a los agricultores, el 51 % de ellos se fijan en las lluvias para realizar la siembra, el 34 % se basa en el calendario lunar, el 10 % utiliza como guía el Almanaque de Bristol y el 5 % combina los métodos anteriores. Se fijan en las primeras lluvias para la siembra. La fecha de siembra más frecuente utilizada por los agricultores fue la primera semana de noviembre (1-nov), con rendimientos que varían de 1.0 a 2.5 t ha⁻¹.

Según la serie de datos de la estación La Tola, la precipitación es bimodal (Figura 2b), con dos periodos de lluvias, el primero de septiembre a diciembre, siendo octubre y noviembre los meses más lluviosos con 204.3 mm de precipitación (promedio multianual), y el segundo período de enero a mayo, con marzo y abril los más lluviosos y 189.59 mm de precipitación (promedio multianual). El año más seco fue 1992, con una precipitación anual (P) de 553.3 mm y evapotranspiración de referencia (ET_o) de 1435.3 mm. El año con la precipitación promedio se registró en 1994 con una P de 869.1 mm y ET_o de 1245.9 mm. El año con la precipitación máxima se registró en 2017 con una P de 1245.3 mm y ET_o de 1402.7 mm (Figura 2b).

De los 31 años de la serie de datos de precipitación (Figura 2a), 17 de ellos fueron menores al promedio multianual (54.8 %) y durante 14 años, la precipitación fue mayor al promedio (45.2 %). Los años con menor precipitación se presentaron durante el fenómeno “El Niño”: 1987, 1992, 2005 y 2015, y durante “La Niña” en el año 2001 (Comunidad Andina, s/f; Nolivos & Santos, 2002; Montalvan & Avilés, 2018). El 83.3 % de los años con precipitaciones bajas se produjeron durante la presencia de El Niño en el litoral ecuatoriano.

La fecha de siembra con mejor disponibilidad hídrica para el año seco fue la cuarta semana de noviembre (21-nov). No

existió una diferencia estadística significativa entre las precipitaciones acumuladas en el ciclo vegetativo para las dos fechas de siembra.

La necesidad de agua del cultivo de maíz promedio fue de 439.88 mm.

Para la fecha 1-nov (año seco, 1992) se determinó un déficit hídrico de 72.0 mm, y la precipitación cubrió el 83.46 % de la demanda hídrica del cultivo (Tabla 1). La humedad en el suelo varía entre capacidad de campo y lámina neta durante la fase de crecimiento (F1), y entre lámina neta y marchitez permanente para floración y formación de la mazorca (F2), en la etapa de maduración y secado de la mazorca (F3), la humedad en el suelo fue menor a la lámina neta (Figura 3a).

Para la fecha 21-nov (año seco, 1992), el déficit hídrico de 127.6 mm, y la precipitación cubrió el 70.54 % de la demanda hídrica del cultivo (Tabla 1). La humedad en el suelo varía entre capacidad de campo y lámina neta durante la fase de crecimiento (F1), y entre lámina neta y marchitez permanente para floración y formación de la mazorca (F2), en la etapa de maduración y secado de la mazorca (F3), la humedad en el suelo fue menor a la lámina neta (Figura 3b). Comparando las dos fechas de siembra, se observa que en la fase F2, existe una mejor disponibilidad hídrica en la fecha 21-nov.

Para 1-nov (año medio, 1994), el exceso hídrico fue de 178.5 mm, y la precipitación fue mayor a la demanda hídrica del cultivo en un 38.57 % (Tabla 1). La humedad en el suelo varía alrededor de capacidad de campo durante el ciclo vegetativo del cultivo (Figura 4a).

Para 21-nov (año medio, 1994), el exceso hídrico fue de 152.6 mm, y la precipitación mayor a la demanda hídrica del cultivo en un 33.19 % (Tabla 1). La humedad en el suelo varió alrededor de capacidad de campo durante el ciclo vegetativo del cultivo (Figura 4b).

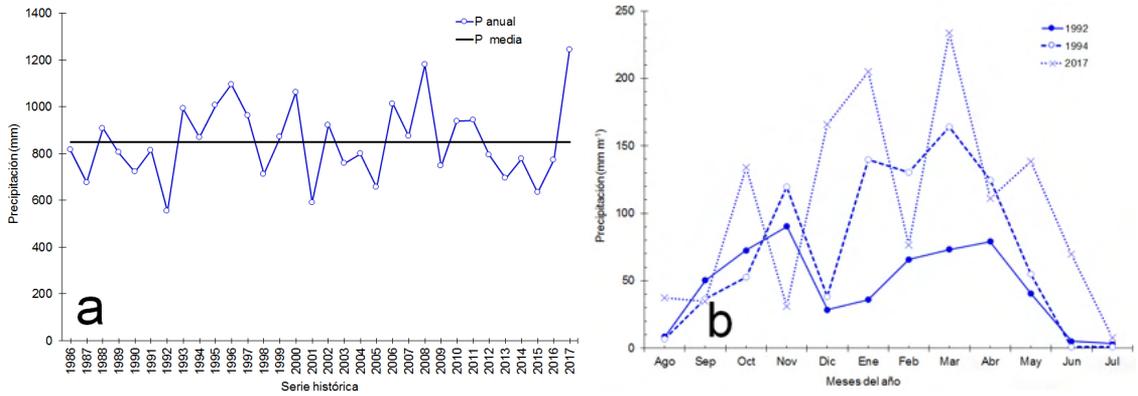


Figura 2. Precipitación estación La Tola (INAMHI, 2018): a) precipitación anual, b) precipitación para los años seco-1992, normal-1994 y húmedo-2017.

Fecha siembra	1992		1994		2017	
	Pe	ETr	Pe	ETr	Pe	ETr
1-nov	363.3	435.3	641.3	462.8	680.7	405.4
21-nov	305.6	433.2	612.4	459.8	775.6	442.8

Pe: precipitación efectiva (mm). ETr: evapotranspiración real (mm)

Tabla 1. Precipitación y evapotranspiración real total para las fechas de siembra

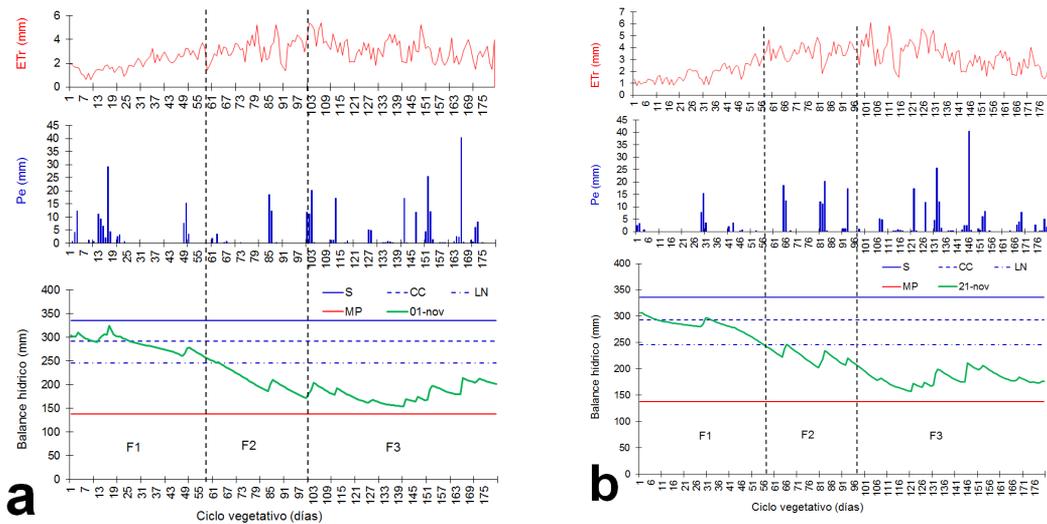


Figura 3. Balance hídrico año seco (1992): a) 1-nov, b) 21-nov.

F1 corresponde a la fase de desarrollo del cultivo, F2 a la fase de formación y llenado y F3, a la maduración y secado de la mazorca.

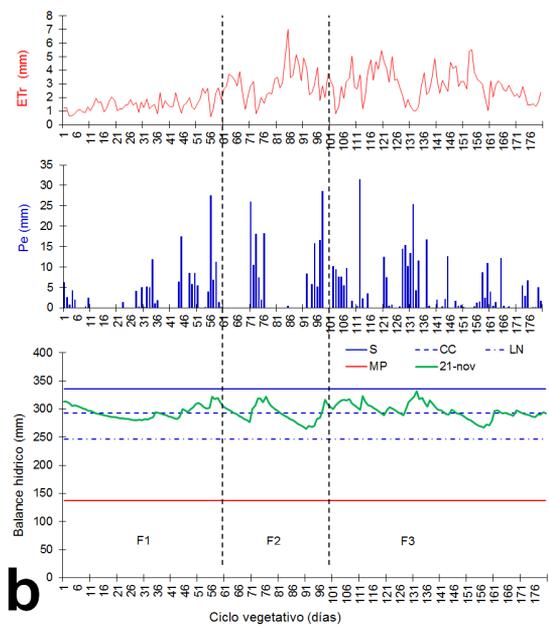
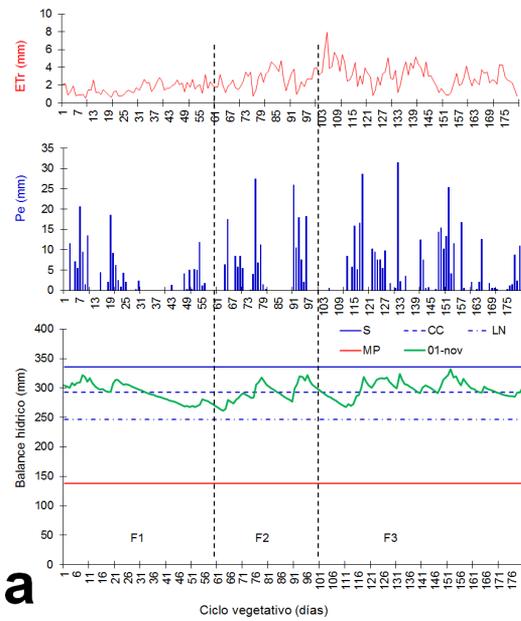


Figura 4. Balance hídrico año normal (1994): a) 1-nov, b) 21-nov

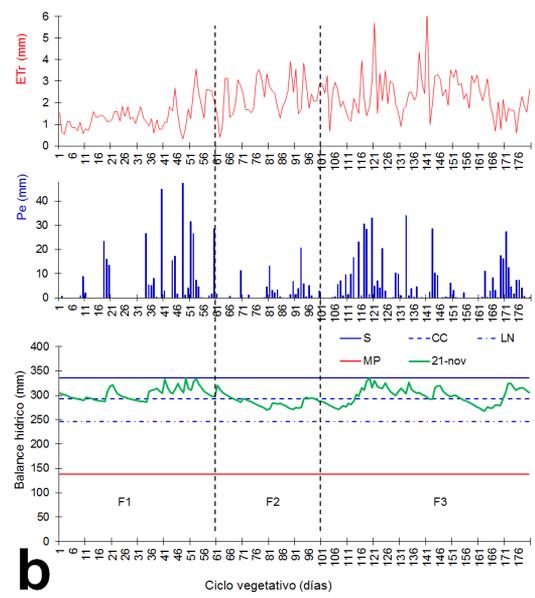
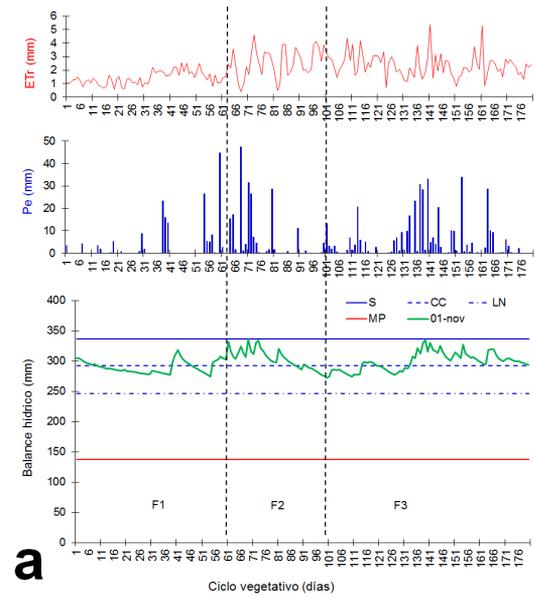


Figura 5. Balance hídrico año húmedo (2017): 1-nov (a), 21-nov (b)

Para 1-nov (año húmedo, 2017), el exceso hídrico fue de 275.3 mm, y la precipitación mayor a la demanda hídrica del cultivo en un 67.91 % (Tabla 1). En la fase F1, la humedad en el suelo fue mayor a capacidad de campo; en F2, varió alrededor de capacidad de campo, y en F3, en la parte final de esta fase, la humedad fue mayor a capacidad de campo (Figura 5a).

Para 21-nov (año húmedo, 2017), el exceso hídrico de 332.8 mm, y la precipitación fue mayor a la demanda hídrica del cultivo en un 75.16 %. En la fase F1, la humedad en el suelo varió alrededor de capacidad de campo; en F2, entre capacidad de campo y saturación, y en F3, la humedad fue mayor a capacidad de campo (Figura 5b).

DISCUSIÓN

La fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor fue la primera semana de noviembre (1-nov). Según los agricultores, las lluvias de octubre contribuyen a incrementar la humedad del suelo para mejorar y asegurar la germinación de las semillas del cultivo de maíz. De acuerdo con la serie histórica de datos de precipitación, en el mes de octubre se presentó el menor coeficiente de variación, con una precipitación mínima de 34.6 mm ($346 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y máxima de 221.2 mm ($2212.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), siendo muy coherente el criterio utilizado por el agricultor (saber ancestral) para establecer la fecha de siembra comprándolo con el que se maneja técnicamente, en donde es necesario humedecer el suelo antes de la siembra para asegurar la germinación de las semillas, equivalente al humedecimiento del suelo que producen las lluvias de octubre previo a la siembra (1-nov), registrándose una precipitación acumulada de 120.6 mm ($1206.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) entre 1-sep y 1-nov, aunque no permite alcanzar el contenido de humedad de capacidad de campo en el suelo hasta una profundidad de 70 cm.

De las 35 corridas del balance hídrico para

el año seco, la fecha 21-nov (cuarta semana) presentó una mejor distribución del agua en F2 con relación a 1-nov, aun cuando la precipitación durante el ciclo vegetativo fue menor. Al igual que en el caso anterior, las lluvias de octubre y de las tres primeras semanas de noviembre contribuyen a humedecer el perfil del suelo hasta profundidades mayores a la radicular del cultivo, asegurando la germinación de las semillas y el desarrollo del cultivo a través del movimiento del agua desde los horizontes sub superficiales al superficial, con una precipitación acumulada de 205.0 mm ($2050.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) entre 1-sep y 21-nov.

CONCLUSIONES

El estudio permitió identificar que, en el Valle de Tumbaco, la mayor cantidad de años con menor precipitación o secos están relacionados con el fenómeno El Niño en un 83.3 % y que las precipitaciones anuales son menores a la media en un 54.8 %. La precipitación en el mes de octubre presentó el menor coeficiente de variación (38.27 %) y de alguna forma garantiza las lluvias para humedecer el suelo previo a las siembras. Las precipitaciones acumuladas en el año seco cubren el 83.46 % de la necesidad de agua del cultivo, necesiándose que las variedades sean resistentes a la sequía.

Las fechas de siembra utilizadas por los agricultores se basan en criterios como las primeras lluvias, calendario lunar y según las recomendaciones de siembra del Almanaque de Bristol.

La fecha de siembra del cultivo de maíz utilizada con mayor frecuencia por el agricultor fue 1-nov y la determinada mediante el balance hídrico 21-nov. El análisis entre las fechas permitió determinar que la última presenta mejores condiciones hidrológicas que la primera para los escenarios año seco, normal y húmedo, es decir, es más ventajoso sembrar el cultivo de maíz en la cuarta

semana de noviembre. Además, el estudio de los balances hídricos permitió identificar un período con buena distribución de humedad en el suelo entre la primera semana de noviembre y la primera semana de diciembre

(1-nov a 7-dic), es decir, el agricultor puede sembrar el maíz en ese período, con la opción incluso de sembrar el cultivo según la fase de la luna (saber ancestral).

REFERENCIAS

Adnan, A., Jibrin, M., Kamara, A., Abdulrahman, B., Shaibu, A., Garba, I. (2017). CERES-Maize model for determining the optimum planting dates of early maturing maize varieties in northern Nigeria. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-14. Doi: 10.3389/fpls.2017.01118

Andrango, M., Ortiz, R., Cuaspa, Y. (2019). Distribución de caudales de riego para las comunidades de la UCICMA - Imbabura. *Revista Siembra*, 6 (2), 37-45. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1562>

Akinagbe, O., Irohibe, I. (2014). Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: a review. *Bangladesh J. Agril. Res*, 39 (3), 407-418.

Azadi, Y., Yazdanpanah, M., Forouzani, M., Mahmoudi, H. (2019). Farmer's adaptation choices to climate change: a case study of wheat growers in Western Iran. *Journal of water and climate change*, 10 (1), 102-116. <https://doi.org/10.2166/wcc.2018.242>

Bannayan, M., Esyshi, E., Hoogenboom. (2013). Determining optimum planting dates for rainfed wheat using the precipitation uncertainty model and adjusted crop evapotranspiration. *Agricultural water management*, 126, 56-63. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.05.001>

Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S. & Palutikof, J. (2008). *Climate Change and Water*. International Panel on Climate Change (IPCC) Secretariat, Geneva.

Comunidad Andina. (s/f). *El Niño y La Niña*. Informe técnico. 150-155 pp.

ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Quito, Ecuador. 32 pp.

Debaeke, Ph., Pellerin, S., Scopie, E. (2017). Climate-smart cropping systems for temperate and tropical agriculture: mitigation, adaptation and trade-offs. *Cahiers Agricultures*, 26, 1-12. Doi: 0.1051/cagri/2017028

Freire, D. (2020). *Planificación y calendarización de siembra en la zona maicera de la provincia de Loja, como medida de mitigación a las sequías*. Tesis de Magister en Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Riego. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 96 pp.

INAMHI. (2018). *Anuarios meteorológicos e información climatológica de la estación La Tola*. Quito, Ecuador.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, England.

FAO. (2002). *Crops and drops: making the best use of water for agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

Limaico, K. (2019). *Determinación de las fechas de siembra de tres cultivos al temporal, con base en el Kc del cultivo y el agua disponible en Tumbaco*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 94 pp.

Montalvan, L., Avilés, A. (2018). Análisis de las relaciones entre la precipitación, vegetación y el fenómeno ENOS en las subcuencas Machángara y Tomebamba del río Paute. Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 60 pp.

Nahayo, L., Habiyaremye, G., Kayiranga, A., Kalisa, E., Mupenzi, Ch., Fred, D. (2018). Rainfall variability and its impact on rain-fed crop production in Rwanda. *American Journal of Social Science Research*, 4 (1), 9-15.

Nolivos, I., Santos, J. (2002). Estudio del impacto de los eventos el Niño 1991-1992 y 1997-1998 sobre los rendimientos de cultivos de arroz y maíz en el litoral ecuatoriano. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador. 8 pp.

Ortiz, R., Tamayo, Ch., Chile, M., Méndez, A. (2018). Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Revista Siembra*, 5 (1), 16-25. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1424>

Ortiz, R., Chile, M. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Revista Siembra*, 7 (1), 70-79. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1450>

Rea, A. (2020). Determinación de las fechas de siembra al temporal mediante el balance hídrico para tres cultivos en Tabacundo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 110 pp.

Rodríguez, Y. (2020). Determinación de fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz y papa para Rumipamba. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 95 pp.

Rojas, R. (1980). Hidrología de Tierras Agrícolas. CIDIAT, Mérida, Venezuela. 109 pp.

Vonk, J. (2013). Yield response of soybean to planting date and row spacing in Illinois. Thesis of Master of Science in Crop Sciences. University of Illinois at Urbana-Champaign. 44 pp.

Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M. (2013). Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Quito, Ecuador. INIAP, Programa de Maíz, 28p, (Guía No 96).

Wani, S., Rockstrom, J. & Oweis, T. (2009). Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential. Oxfordshire, United Kingdom. 326 pp.