



Análisis de datos agro-meteorológicos en la gestión de actividades de producción de cultivos transitorios en el litoral ecuatoriano

Analysis of agro-meteorological data in the management of temporary crop production activities on the Ecuadorian coast

Análise de dados agrometeorológicos na gestão das atividades de produção agrícola temporária na costa equatoriana

ARTÍCULO DE REVISIÓN



Oscar Xavier Bermeo Almeida¹
obermeo@uagraria.edu.ec

William Jair Dávila Vargas²
williamjair94@hotmail.com

Verónica Isabel Guevara Arias¹
veroguar@hotmail.com

Lissett Margarita Arevalo Gamboa²
larevalog3@unemi.edu.ec

¹Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador

²Universidad Estatal de Milagro. Milagro, Ecuador

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.288>

Artículo recibido 5 de marzo 2024 / Arbitrado 15 de marzo 2024 / Publicado 2 de mayo 2024

RESUMEN

La modificación del clima se expresa a través del incremento en cantidad e intensidad de fenómenos como sequías, lluvias y huracanes. Estas modificaciones climáticas tienen consecuencias importantes para la sociedad, principalmente para las poblaciones más vulnerables, caracterizadas por la pobreza y la exclusión de espacios de toma de decisiones. Con el objetivo de la investigación es la de analizar los datos agro-meteorológicos masivos aplicando metodologías adecuadas de tratamiento de información para mejorar las actividades en la producción de cultivos transitorios en el litoral ecuatoriano. La metodología empleada con enfoque inductivo que se nutrió principalmente de fuentes provenientes de plataformas académicas reconocidas como Science Direct y Springer, Scielo, Scopus y Redalyc con el empleo de la herramienta Google Académico, para lo que se seleccionaron estudios publicados entre los años 2016 y 2022 como marco temporal de referencia. La selección de literatura se rigió por un criterio de relevancia, priorizando aquellos estudios que proporcionaran una comprensión más profunda de la interrelación existente entre los datos agro-meteorológicos y rendimiento productivo de los cultivos transitorios en la zona costera del Ecuador. Se conoce según estudios, que la población rural en el Ecuador consta de un 50% en cuanto a actividad agronómica, donde se puede observar un mayor porcentaje en la Provincia de Los Ríos. Las empresas Facundo, Semvra Veconsa, Arrocería Portilla (PortiArroz), Arrocería SylviaMaria (AgroSylma) y ProArroz utilizan agro-meteorología para planificar la producción, con 14 estaciones climatológicas que brindan información actualizada para que se realicen correctamente la planeación estratégica de las siembras y cosechas. Se concluye que, se muestra como beneficia el uso de la agro-meteorología en la planeación de las diferentes actividades agrícolas, lo que las mismas realizan para la caracterización en tiempo y espacio de las relaciones entre el clima, para mejorar el rendimiento de los cultivos transitorios.

Palabras clave: Agricultura; Clima; Gestión; Cultivos transitorios; Empresas litoral ecuatoriano

ABSTRACT

The modification of the climate is expressed through the increase in quantity and intensity of phenomena such as droughts, rains and hurricanes. These climate modifications have important consequences for society, mainly for the most vulnerable populations, characterized by poverty and exclusion from decision-making spaces. The objective of the research is to analyze massive agro-meteorological data applying appropriate information processing methodologies to improve activities in the production of transitional crops on the Ecuadorian coast. The methodology used with an inductive approach that was mainly nourished by sources from recognized academic platforms such as Science Direct and Springer, Scielo, Scopus and Redalyc with the use of the Google Scholar tool, for which studies published between 2016 and 2022 were selected as a time frame of reference. The selection of literature was governed by a criterion of relevance, prioritizing those studies that provided a deeper understanding of the interrelationship between agro-meteorological data and productive performance of transitional crops in the coastal zone of Ecuador. According to studies, it is known that the rural population in Ecuador consists of 50% in terms of agronomic activity, where a higher percentage can be observed in the Province of Los Ríos. The companies Facundo, Semvra Veconsa, Arrocería Portilla (PortiArroz), Arrocería SylviaMaria (AgroSylma) and ProArroz use agro-meteorology to plan production, with 14 weather stations that provide updated information so that the strategic planning of sowing and harvesting is carried out correctly. It is concluded that it shows how the use of agro-meteorology benefits in the planning of different agricultural activities, what they do for the characterization in time and space of the relationships between the climate, to improve crop performance transients.

Key words: Agriculture; Climate; Management; Transitional crops; Ecuadorian coastal companies

RESUMO

A modificação do clima se expressa através do aumento da quantidade e intensidade de fenômenos como secas, chuvas e furacões. Estas modificações climáticas têm consequências importantes para a sociedade, principalmente para as populações mais vulneráveis, caracterizadas pela pobreza e pela exclusão dos espaços de tomada de decisão. O objetivo da pesquisa é analisar dados agrometeorológicos massivos aplicando metodologias adequadas de processamento de informações para melhorar as atividades de produção de culturas de transição na costa equatoriana. A metodologia utilizada com abordagem indutiva que se alimentou principalmente de fontes de plataformas acadêmicas reconhecidas como Science Direct e Springer, Scielo, Scopus e Redalyc com o uso da ferramenta Google Scholar, para a qual foram selecionados estudos publicados entre 2016 e 2022. Um período de referência. A seleção da literatura foi regida por um critério de relevância, priorizando aqueles estudos que proporcionassem uma compreensão mais profunda da inter-relação entre os dados agrometeorológicos e o desempenho produtivo das culturas de transição na zona costeira do Equador. Segundo estudos, sabe-se que a população rural do Equador é composta por 50% em termos de atividade agronômica, onde um percentual maior pode ser observado na província de Los Rios. As empresas Facundo, Semvra Veconsa, Arrocería Portilla (PortiArroz), Arrocería SylviaMaria (AgroSylma) e ProArroz utilizam a agrometeorologia para planejar a produção, contando com 14 estações meteorológicas que fornecem informações atualizadas para que o planejamento estratégico de semeadura e colheita seja realizado corretamente. Conclui-se que mostra como o uso da agrometeorologia beneficia no planejamento de diferentes atividades agrícolas, o que elas fazem para a caracterização no tempo e no espaço das relações entre o clima, para melhorar o desempenho das culturas.

Palavras-chave: Agricultura; Clima; Gestão; Culturas de transição; Empresas costeiras equatorianas

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas más serios que enfrenta la humanidad en el siglo XXI y constituye problemas de grandes dimensiones y complejidad que debe ser abordado desde diferentes perspectivas, según los científicos definen como todo cambio que ocurre en el clima a través del tiempo, resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas. La modificación del clima se expresa a través del incremento en cantidad e intensidad de fenómenos como sequías, lluvias y huracanes. Estas modificaciones climáticas tienen consecuencias importantes para la sociedad, principalmente para las poblaciones más vulnerables, caracterizadas por la pobreza y la exclusión de espacios de toma de decisiones. Dada la interdependencia de los países en el mundo actual, los impactos del cambio climático en los recursos o los productos básicos de un lugar tendrán efectos de gran alcance en los precios, las cadenas de suministro, el comercio, la inversión y las relaciones políticas en otros lugares; por lo tanto, el cambio climático amenazarán progresivamente el crecimiento económico y la seguridad humana en formas complejas (1).

El sector agrícola es altamente vulnerable a las variaciones y cambios del clima, tales como, temperaturas y lluvias variables o extremas. De acuerdo a Informes de expertos sobre el Cambio Climático, la producción agrícola estará probablemente amenazada en muchas regiones y países, lo cual afectaría adversamente

la seguridad alimentaria y exacerbaría la desnutrición. En América Latina, el número de personas que estarían adicionalmente bajo riesgo de padecer hambre probablemente alcanzaría 5, 26 y 85 millones en 2020, 2050 y 2080 respectivamente (2).

A nivel internacional, durante varios años, se han elaborado análisis de los impactos climáticos, muchos de los cuales se han enfocado en identificar los cambios en el rendimiento de los cultivos causados por alteraciones en las condiciones climáticas. Asimismo, estudios recientes indican que factores climáticos como la temperatura, la precipitación y, especialmente, los choques de variabilidad climática influyen en la productividad de los cultivos, la producción ganadera y otros componentes del sistema agrícolas, del mismo modo, se evidenció que los rendimientos de muchos cultivos podrían disminuir significativamente debido a temperaturas más altas, como consecuencia del estrés térmico e hídrico, del acortamiento de la estación de crecimiento y de la mayor presencia de plagas y enfermedades (3).

Las nuevas herramientas de información climática que incluyen los análisis históricos, los sistemas de monitoreo, las predicciones climáticas, entre otros, tienen el poder de ayudar a los agricultores a adaptarse a los impactos de la variabilidad y cambio climático. Al proporcionar información climática local traducida junto con los servicios de extensión, los agricultores están mejor preparados para protegerse de los fenómenos

climáticos extremos y aprovechar las buenas condiciones climáticas, cerrando así la brecha entre la generación de información agroclimática y su uso por parte de los agricultores (4).

En la toma de decisiones en la agricultura, como actividad desarrollada en base al manejo de los recursos naturales que son susceptibles al deterioro, la inestabilidad económica, es un factor que indiscutiblemente puede afectar la seguridad alimentaria, es importante prever la pertinencia de las decisiones de cambio. Por lo que, es útil contextualizar el efecto del uso de tecnologías, pues si bien el conocimiento es universal, las regiones agrícolas del mundo, en las cuales se genera, presentan contrastes, y un conocimiento aplicable a una región puede no serlo en otra y tener resultados negativos (5). De ahí que el objetivo de la investigación es la de analizar los datos agro-meteorológicos masivos aplicando metodologías adecuadas de tratamiento de información para mejorar las actividades en la producción de cultivos transitorios en el litoral ecuatoriano.

METODOLOGÍA

Ámbito de estudio

Para profundizar en la influencia y efecto del análisis de datos agro-meteorológicos en la gestión efectiva de las actividades de producción de cultivos transitorios en la región litoral ecuatoriana, se adoptó un enfoque metodológico el cual se caracterizó por su carácter descriptivo,

enfocado al análisis para evaluar específicamente las variables agro-meteorológicas predefinidas.

Gestión de la información

La metodología empleada con enfoque inductivo que se nutrió principalmente de fuentes provenientes de plataformas académicas reconocidas como Science Direct y Springer, Scielo, Scopus y Redalyc con el empleo de la herramienta Google Académico, para lo que se seleccionaron estudios publicados entre los años 2016 y 2022 como marco temporal de referencia. La selección de literatura se rigió por un criterio de relevancia, priorizando aquellos estudios que proporcionaran una comprensión más profunda de la interrelación existente entre los datos agro-meteorológicos y rendimiento productivo de los cultivos transitorios en la zona costera del Ecuador.

La información recopilada se sometió a un proceso riguroso de organización y clasificación mediante el uso de herramientas tecnológicas, con el fin de descartar aquella que no se alinea con las variables fundamentales definidas para el análisis, se utilizó el procedimiento descrito por Barragán (6), que utiliza tres etapas Identificar, Evaluar e Interpretar los resultados de la revisión para proporcionar las respuestas a las preguntas de investigación. Posteriormente, los datos seleccionados fueron objeto de un análisis detallado, donde se llevaron a cabo procesos de síntesis y organización con el propósito de estructurar una presentación coherente y

secuencial en relación con la evolución temporal de los datos agro-meteorológicos y los hallazgos relevantes en su aplicación para la gestión eficiente de cultivos transitorios en la región

litoral ecuatoriana, preguntas de investigación utilizadas Tabla 1 y criterios de inclusión y exclusión Tabla 2.

Tabla 1. Distribución de autores por región geográfica.

#	Preguntas de investigación
1	¿En qué dominios se utiliza Big Data y Business Intelligence (ejemplo agricultura, datos agro-meteorológicos)?
2	¿Cuáles son los objetivos frecuentes (calidad de datos, limpieza de datos, etc)?
3	¿Qué herramientas tecnológicas utilizan Big Data?
4	¿Cuáles son las fuentes de datos más comunes (archivos, bases de datos, dispositivos, etc)?
5	¿Cuáles son tipos de análisis utilizados (predictivo, prescriptivo, descriptivo, diagnostico)?

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión para los artículos de investigación.

Inclusión	Exclusión
Artículos revisados por pares	Lectura gris
Artículo que analiza Big Data, agro- meteorológicos	Editoriales o resúmenes
Artículos en español e inglés	Diferentes al idioma inglés y español
Artículos de acceso abierto o libre	Libros o tesis

En el contexto de la agricultura, la gestión eficiente de los cultivos transitorios en el litoral ecuatoriano es esencial para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Este desafío ha impulsado la ejecución de diversos proyectos centrados en el análisis de datos agro-

meteorológicos, con el objetivo de optimizar las prácticas agrícolas y mitigar los riesgos asociados a las condiciones climáticas variables en la región. Se presenta en la Tabla 3 de manera detallada que resume los proyectos más destacados realizados en esta área específica.

Tabla 3. Investigaciones acerca de análisis de datos agro-meteorológicos.

Año	Nombre del proyecto	Autores del proyecto
2016	Lecciones aprendidas al enfrentar los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos en los sistemas agrícolas y servicios ecosistémicos en América Latina	Santos, José Luis; Monteiro, Joyce; Ceballos, Darío; Soto, Jorge (7)
2018	Agro-climatología del Ecuador	Fredi Portilla Farfán (8)
2020	Mapeo de datos productivos, climáticos y ambientales	Equipo YAPU Solutions (9)

Año	Nombre del proyecto	Autores del proyecto
2020	Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador	Betty Beatriz González., Roberto Barragán, Luis Simba, Marisol Rivero (10)
2021	El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática	Arlitt Lozano, Carlos E. Álvarez, Nabilt Moggiano (11)
2022	Monitoreo térmico ambiental inalámbrico en cultivos	Luis Freire Sánchez Magali Coello (12)
2022	Comparación de datos meteorológicos en el periodo 1983-2012 en la Región cinco del Ecuador, su incidencia en el sector agropecuario y su relación con el cambio climático	Oswaldo Bermeo, Teresa Vásquez (13)
2022	Big Data en la predicción meteorológica para cultivos	Bermeo, Oscar Bazán, William Guevara, Verónica (14)

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Producción de cultivos transitorios estado factores que lo condicionan

Los cultivos transitorios se refieren a los que tienen un ciclo vegetativo no mayor a un año, también son denominados cultivos de ciclo corto o anuales. Son muy diferentes a los cultivos llamados perennes, algunos ejemplos encontramos los siguientes: cereales, oleaginosas, tubérculos, hortalizas, entre otros (15). Estos cultivos pueden durar algunos meses y al llegar a la cosecha de su fruto, la planta se corta para que sea otra vez sembrada y así se pueda obtener una nueva siembra.

Existen varios factores que pueden incurrir en que existan bajos rendimientos en los cultivos. Según el Ministerio de agricultura y Riego

indica que, al tener conocimiento de esto, será posible coordinar acciones destinadas a impulsar iniciativas que permitan a los agricultores mejorar la productividad de sus cosechas y así alcanzar un nivel de ingresos más sólido para sus familias. Debido a las condiciones agroecológicas de las zonas donde se establecen los cultivos transitorios pueden causar un factor agro-técnico dando paso a las causas de los problemas para que se consigan bajos rendimientos (16).

Se conoce que la actividad agrícola en el Ecuador, ha sido considerada como unas de las que más contribuye a la economía del país, su diversidad de productos agrícolas, promueve a la producción sustentable para solventar las necesarias a nivel nacional e internacional. Puesto que estas variables climáticas producen cambios y efectos en cuanto al rendimiento de

los cultivos transitorios, causando que exista una desviación del pH y por ende provoca que puedan existir problemas de bloqueo de nutrientes e inconvenientes de adaptación de cultivo (17).

La modificación del clima se da a partir del aumento de la intensidad de desastres naturales, puesto que se conoce que el sector agrícola es altamente vulnerable a las variaciones y cambios del clima lo cual afectará a la desnutrición de la población. Se conoce según estudios, que la población rural en el Ecuador consta de un 50% en cuanto a actividad agronómica, donde se puede

observar un mayor porcentaje en la Provincia de Los Ríos la cual pertenece al litoral ecuatoriano, donde los cultivos que se cosechan son de tipo transitorios, por ser más fáciles de sembrar y puesto que los mismos se adaptan a las condiciones climáticas (10).

Existen varias empresas en la costa ecuatoriana, las mismas que utilizan agro-meteorología para la producción, en la tabla 4 se describen estas entidades en el sector agroindustrial del litoral de Ecuador:

Tabla 4. Empresas agroindustriales que utilizan la agro-meteorología para la producción en el litoral ecuatoriano.

Empresa	Ubicación	Descripción
Facundo	Km.10 Vía Daule, Guayaquil, Ecuador	Utilizan información agro-meteorológica en su investigación y desarrollo para desarrollar nuevos productos o variedades de cultivos más resistentes a condiciones climáticas adversas o más adaptables a cambios en el clima.
Semvra Veconsa	Km 24.5 Vía Daule, Guayaquil, Guayas, Ecuador	Planifican la Siembra de sus cultivos, considerando factores como la temperatura, la humedad y las condiciones climáticas ideales para el crecimiento de los cultivos.
Arrocera Portilla (PortiArroz)	km 3,5 vía Milagro, Guayas, Ecuador	La agro-meteorología permite a Portiarroz S.A. estar preparada para enfrentar condiciones climáticas extremas, como inundaciones, sequías o tormentas, que pueden afectar la producción de arroz.
Arrocera SylviaMaria (AgroSylma)	Km. Vía a Durán – Yaguachi, Guayas, Ecuador	La empresa planifica la siembra y la cosecha de sus campos de arroz de manera más precisa, teniendo en cuenta las condiciones climáticas ideales para el crecimiento y desarrollo del cultivo.
ProArroz	Junquillal, Salitre, Guayas, Ecuador	La empresa utiliza la información que le genera la agro-meteorología para implementar estrategias de control preventivo y minimizar el impacto de las plagas y enfermedades en sus cultivos de arroz.

Labores agrícolas utilizadas en el litoral ecuatoriano

La agroecología es una forma de producción agrícola económica y energéticamente eficiente que asegura la producción de alimentos saludables, conserva los ecosistemas, fomenta el uso de tecnología de bajo impacto y el uso de insumos locales, además articula el saber y la práctica de los sistemas productivos tradicionales y modernos, puesto que se basa en la investigación participativa y sobre todo dinamiza las relaciones sociales y económicas en las zonas rurales y urbanas.

El problema en la agricultura industrial del mundo es en gran parte responsable de la deforestación, la explotación animal, la escasez de agua, la desigualdad rural, el uso excesivo de contaminantes, entre otros fenómenos que destruyen la salud del planeta, por ello que una de las soluciones es la agroecología. Se realiza un esfuerzo en optimizar las interacciones entre plantas, animales, humanos y el medio ambiente, al tiempo que aborda la necesidad de un sistema alimentario socialmente justo en el que las personas puedan elegir qué alimentos quieren, cómo y dónde se producen (18).

El objetivo de un buen manejo del suelo es el de satisfacer las necesidades básicas de las plantas, puesto que las plantas necesitan nutrientes, oxígeno, agua y sobre todo un entorno físico para que las semillas germinen y crezcan satisfactoriamente. Existen varias prácticas para manejar los suelos donde se producen muchos

cultivos, estas labores incluyen: arar, cultivar, agregar fertilizantes y cal agrícola, siembra de plantas de cobertura, rotación de cultivos y otras prácticas (19).

Años de investigación agrícola han demostrado que la forma en que se utilizan estos métodos marca una gran diferencia en la calidad del suelo. Cuando estos métodos se utilizan correctamente, pueden mejorar la fertilidad del suelo, la estructura física y la actividad biológica, al mismo tiempo que protegen el suelo de la erosión. El suelo manejado apropiadamente produce cultivos más saludables y productivos. En la práctica agrícola es recomendable mejorar la relación entre las personas y la naturaleza, la cual se ha convertido en un problema de la globalización, si se quiere aplicar la agroecología como una alternativa de desarrollo sostenible, la demanda del mercado por brindar alimentos sanos y saludables es también mejorada (20).

Siempre se debería de adoptar la agricultura agroecológica para lograr una producción de alimentos saludables, al incluir estas prácticas, se puede contribuir con la mejora de los sistemas agrícolas, aumentando así la resiliencia ante los posibles cambios climáticos que se pueden presentar en el sector agrícola. Para evitar el cambio climático en los sistemas de producción agrícolas, se proponen cultivos de cobertura para ayudar a proteger el suelo, obteniendo beneficios como: mejorar la fertilidad del suelo, el control biológico, entre otros (21).

Gestión de actividades en la producción

La mejora y combinación de la tecnología mecánica y su gestión sustentable crean soluciones alternativas para aumentar la producción y la seguridad alimentaria. La plena utilización de procesos mecanizados en la producción agrícola es un factor decisivo en el proceso de modernización y los logros alcanzados hasta el momento (aumento de la superficie productiva, exportaciones, energía, productividad y reducción de costos, entre otros factores). Durante la integración de la tecnología mecánica, se debe identificar que el sustrato tenga una composición característica (sólidos, agua, aire y organismos) que sea físicamente adecuada, una estructura que sea resistente a la deformación o la falla depende de la naturaleza y relación de los componentes y el tipo de cargas y acciones a las que está sometido (22).

Cada misión en que se realiza en el agro requiere de la atención de los productores y organizarlos es fundamental para que se pueda mantener un cultivo sustentable. El objetivo es cosechar de la mejor manera posible por ello se necesita tiempo para planificar las actividades, analizar y reflexionar sobre lo que ya se ha hecho. Existen tres beneficios que permiten una buena planificación de tareas en los cultivos, las cuales son: realizar una buena rotación de los cultivos, enlistar las tareas que se deben de realizar en el cultivo, planificar las tareas que se deben de realizar diariamente, estas 3 ventajas permiten un rendimiento notable en los sembríos (23).

El sector agrícola juega un papel decisivo en el crecimiento económico de un país, ya que genera el autoabastecimiento de los hogares rurales, es fuente de empleo y proporciona gran parte de las materias primas y provee alimentos a las empresas, la industria y la población en general. Se conoce que el fracaso de muchos sectores agrícolas no solo se debe a la incapacidad de asignar adecuadamente los medios de producción, sino también a la falta de conocimiento de los principios y procesos administrativos, financieros necesarios, además de no hacer uso de las ventajas que les proporciona la tecnología para mejora del rendimiento de sus cultivos. La producción agrícola es el resultado de la siembra y la cosecha en el campo. La misma se trata, sobre todo, de obtener bienes comestibles para el consumo humano, aunque parte de ellos puedan destinarse a una industria de valor agregado. Una de las características de la producción agrícola es que depende mucho de factores climáticos. Por lo tanto, en caso de sequía severa, se pueden perder grandes áreas de cultivo (24).

Por ello este tipo de actividad agrícola es de alto riesgo, por tal motivo, los agricultores suelen tener dificultades para obtener préstamos de las instituciones de crédito. El hecho es que el rendimiento de un cultivo generalmente no es constante. Eso significa que la cosecha generalmente ocurre solo durante un cierto número de meses. Planteando un desafío para la planificación financiera por lo que a menos que las entidades o los productores diversifiquen

sus cultivos, deberán mantener los ahorros para la época del año en que no estén recibiendo ingresos.

Empleo de análisis de datos de agro-meteorología

Al realizar un análisis de datos de las variaciones en cuanto a temperatura mediante estudios, han mostrado que existe un incremento efectivo de la temperatura de la región, puesto que al llegar el invierno en las 4 regiones del Ecuador, se evidencia mayor incremento alcanzando un 0.12°C de manera anual, al conocer esto, se eligen estos datos realizando un análisis de la precipitación, evaporización, heliofanía mensual, humedad y nubosidad de las estaciones, alcanzando datos meteorológicos en tiempo real que muestran diferentes cambios de la temperatura mínima dependiendo de la estación meteorológica, donde se obtienen latitud, longitud, entre otros datos (25).

La agro-meteorología significa un instrumento valioso para apoyar en la planeación de las diferentes actividades agrícolas, puesto que las mismas permiten realizar una búsqueda permanente de caracterización en tiempo y espacio de las relaciones entre el clima y a su vez del rendimiento de los cultivos. Es decir que esta ciencia puede convertir las actividades agrícolas en una agricultura que sea climatológicamente inteligente, puesto que permite investigar los diferentes contextos meteorológicos, climáticos e hidrológicos, los mismos que son de gran relevancia para la agricultura (26).

Actualmente la agro-meteorología como ciencia está relacionada al suelo y al estado de la atmosfera y demás ciencias como: vegetal, agrícola, animal, forestal, pecuaria, las mismas que son el pilar fundamental para que los pequeños productores puedan manejar las plagas y enfermedades que se presentan en los cultivos y así ellos puedan tomar las decisiones basadas en datos meteorológicos. Al obtener un índice de tipo meteorológico y el mapeo de la superficie del suelo, se obtiene una planeación en cuanto a medidas de manejo y conservación de los recursos naturales, para luego presentar un programa de riego cuyas áreas puedan ser mapeadas, logrando reforzar la estructura de modelos de aseguramiento que garanticen el rendimiento de los cultivos.

El problema actual que siempre afecta el rendimiento de los cultivos transitorios es sin duda el cambio climático, causando la afectación en la producción de los alimentos dando menos cantidad y calidad, además de afectaciones en los recursos naturales como el suelo y el agua, provocando degradación del medio ambiente y los posibles desastres naturales, siendo un impacto muy significativo tanto como para los agricultores como para la sociedad misma. La correcta aplicación de la información y conocimientos agro-meteorológicos (clima, recursos hídricos, predicciones operativas, estacionales y proyección a largo plazo), puede ser sustancial para los productores porque ellos pueden crear sistemas agrícolas sostenibles, para aumentar la producción, mejorando su calidad de vida (27).

Las estaciones meteorológicas obtienen información que están basados en mediciones de parámetros ambientales (humedad, temperatura, nivel de lluvias y presión) las cuales son procesadas para que el usuario pueda tomar las decisiones en cuanto a las actividades de siembra y cosecha, a su vez la cantidad de insumos que se deben de aplicar, es decir, que fertilizantes usar y a su vez se puede determinar tiempos de cosecha (28).

Cabe mencionar que Casadiego (28) notifica que: las estaciones meteorológicas que han sido creadas, están compuestas con instrumentos que pueden ser: Barómetro (mide presión atmosférica), Pluviómetro (mide cantidad de agua por m²), Sensor de radiación (mide rango de la radiación solar), Veleta (mide la dirección del viento), Termómetro (mide la temperatura

dependiendo de las horas), Sensor de temperatura de suelo y agua (monitorea la temperatura del agua y del suelo), Sensor humedad de hojas (calcula la humedad de la hoja), entre otros.

Al usar métodos estadísticos (análisis de datos robustos) que sean adecuados, se mejora las previsiones y la precipitación, de acuerdo con Paliz et al., (29): “Los cambios extremos en la precipitación establecen un factor limitante para el desarrollo de los cultivos en el agro, las actividades sociales y en la mayor parte de las actividades económicas”. Al usar estos métodos estadísticos se podrá obtener datos de la velocidad y la dirección en donde van los vientos, además de la radiación solar, horas de frío, humedad relativa, predicción atmosférica, entre otros datos Tabla 5.

Tabla 5. Principales estaciones meteorológicas de la costa ecuatoriana.

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud
M005	Portoviejo-Utm	-1,04	-80,47	60
M006	Pichilingue	-1,10	-79,46	120
M037	Milagro (Ingenio Valdez)	-2,12	-79,60	13
M050	Arenales-Cola De San Pablo	-2,58	-78,55	2 200
M153	Muisne	0,62	-80,02	6
M160	El Carmen	-0,28	-79,46	250
M162	Chone	-0,71	-80,11	20
M166	Olmedo-Manabí	-1,40	-80,21	50
M179	Arenillas	-3,56	-80,06	60
M185	Machala-Utm	-3,05	-79,73	13
M250	La Capilla Cedege	-1,70	-79,98	0
M482	Chacras	-3,54	-80,20	60
MA2V	Guayaquil-Radio Sonda	-2,20	-79,88	6

La zona costera del país está caracterizada por su diversidad geográfica, abarcando llanuras fértiles, suaves elevaciones y cuencas sedimentarias. Este territorio comprende siete provincias: Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, Santa Elena, El Oro y Santo Domingo. El relieve predominante es de altitudes moderadas, con colinas y elevaciones que rara vez superan los 800 metros sobre el nivel del mar. La presencia más notable es la cordillera Costera o de Chongón o Colonche, que divide la región en dos sub-zonas: la Costa Externa e Interna.

La región litoral se caracteriza por ser una extensa llanura aluvial, atravesada por varios

sistemas fluviales destacados que sirven como rutas de transporte natural, facilitando la conectividad y la movilidad en esta área geográfica. Las estaciones meteorológicas ubicadas en la costa ecuatoriana, que fueron seleccionadas por su ubicación en zonas agrícolas y por la disponibilidad de equipos de radio para transmitir la información meteorológica suministrando datos para la elaboración del boletín agroclimático, podemos observar que en la tabla 6 se muestran el calendario de siembra y cosecha que son considerados aptos gracias a la agro-meteorología.

Tabla 1. Calendario Siembra y Cosecha según meses para el cálculo del índice Hídrico de los cultivos.

Estación	Altura	Arroz		Cebada		Maíz		Patatas		Soya		Frejol	
		S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
Portoviejo-Utm	44	12-3	5-9	5-7	9-11	11-2	4-6	5-7	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Pichilingue	73	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	4-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Milagro (Ingenio Valdez)	13	12-3	5-9	5-7	9-11	11-2	5-7	5-7	9-11	9-2	4-7	11-3	3-6
Arenales-Cola De San Pablo	-	12-3	5-9	6-8	9-12	9-2	10-12	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Muisne	5	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
El Carmen	-	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Chone	-	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Olmedo-Manabí	-	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Arenillas	-	11-2	4-7	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Machala-Utm	6	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
La Capilla Cedege	-	12-3	5-9	6-8	10-12	11-2	5-7	6-8	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Chacras	-	12-3	5-9	5-7	9-11	11-2	5-7	5-7	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6
Guayaquil-Radio Sonda	6	12-3	5-9	5-7	9-11	11-2	5-7	5-7	9-11	11-2	4-7	11-3	3-6

S: siembra; C: cosecha.

Análisis de datos masivos

Muchos factores climáticos y topográficos intervienen para clasificar los climas. Sin embargo, ciertas combinaciones de factores climáticos se repiten con frecuencia en diferentes partes del mundo y cada una debe ser reconocida y distinguida por su propio nombre. La base de la clasificación climática es la similitud genética y consiste en agrupar elementos climáticos similares, resultantes de causas similares (30).

El factor dominante en la vegetación de las regiones litorales es el clima, que puede juzgarse por la vegetación de esa región. Los geógrafos también encuentran útil el clima para determinar las regiones subcontinentales. En esta parte del estudio se realiza el análisis climático de la zona a través de la descripción de las variables más relevantes como la precipitación y la temperatura, luego se realiza la clasificación climática, de acuerdo a los métodos más utilizados para este fin.

Para gestionar datos se necesitan dos componentes básicos, hardware y software, sobre el primero, existen tecnologías como la arquitectura Procesamiento paralelo masivo o en inglés Massive Parallel Processing (MPP), que permite procesarlo rápidamente. Para procesar datos no estructurados o semiestructurados, es necesario recurrir a otras tecnologías; Aquí es donde entran nuevas técnicas y tecnologías, como MapReduce o Hadoop, diseñadas para procesar información estructurada, no estructurada o semiestructurada (31).

Los cultivos deberían de saber aprovechar Big Data para mejorar sus estrategias y así mantener su posición en el mercado, ya que atraerán nuevo conocimiento, con grandes volúmenes de datos o información que manejan a diario, que no es lo suficientemente importante primero, porque no existe una herramienta tecnológica que pueda tratarla. Gracias a la tecnología Big Data, las entidades pueden ofrecer mejores productos, desarrollar excelentes relaciones con los clientes y volverse más ágiles y competitivas.

El análisis de datos masivos o también llamados Big Data, los mismos son usados para poder identificar patrones recurrentes dentro de estos datos, el análisis de datos masivos da infinitas posibilidades, donde se podrá tener un conjunto grande de datos de forma muy resumida. Mediante la tecnología Big Data, se optimiza las condiciones del cultivo, mediante el uso de sensores que miden las condiciones del aire y del suelo, es decir, no es más que un sistema que va capturando datos en tiempo real que le va proporcionando la estación o red meteorológica (32).

La investigación en el área de la informática ha inducido la innovación tecnológica de la agricultura de precisión, permitiendo a los productores mejorar la productividad agrícola, minimizando el uso de fertilizantes y pesticidas innecesarios, conservando los recursos naturales y hacer frente a fenómenos meteorológicos inminentes. Es por eso que la agricultura de

precisión es una práctica agrícola moderna que hace que la agricultura sea más eficiente, mediante el uso de tecnologías, sensores y satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) (33).

La misma almacena información detallada de las características que tiene el cultivo, logrando la optimización del manejo de los cultivos, desde el punto de vista agronómico, ambiental y económico. Esta tecnología de la agricultura de precisión, logra la mejora de los recursos, calidad, productividad, rentabilidad y sobre todo de la sostenibilidad de los procesos agrícolas. La misma almacena información detallada de las características que tiene el cultivo, logrando la optimización del manejo de los cultivos, desde

el punto de vista agronómico, ambiental y económico. Las empresas también pueden hacer uso de un portal online que proporciona la página web del Ministerio de Agricultura y ganadería llamado “Geoportal del Agro Ecuatoriano”, el cual brinda información específica, donde se podrá visualizar el mapa del Ecuador, como lo muestra la Figura 1.

Las empresas también pueden hacer uso de un portal online que proporciona la página web del Ministerio de Agricultura y ganadería llamado “Geoportal del Agro Ecuatoriano”, el cual brinda información específica, donde se podrá visualizar el mapa del Ecuador, como lo muestra la Figura 1

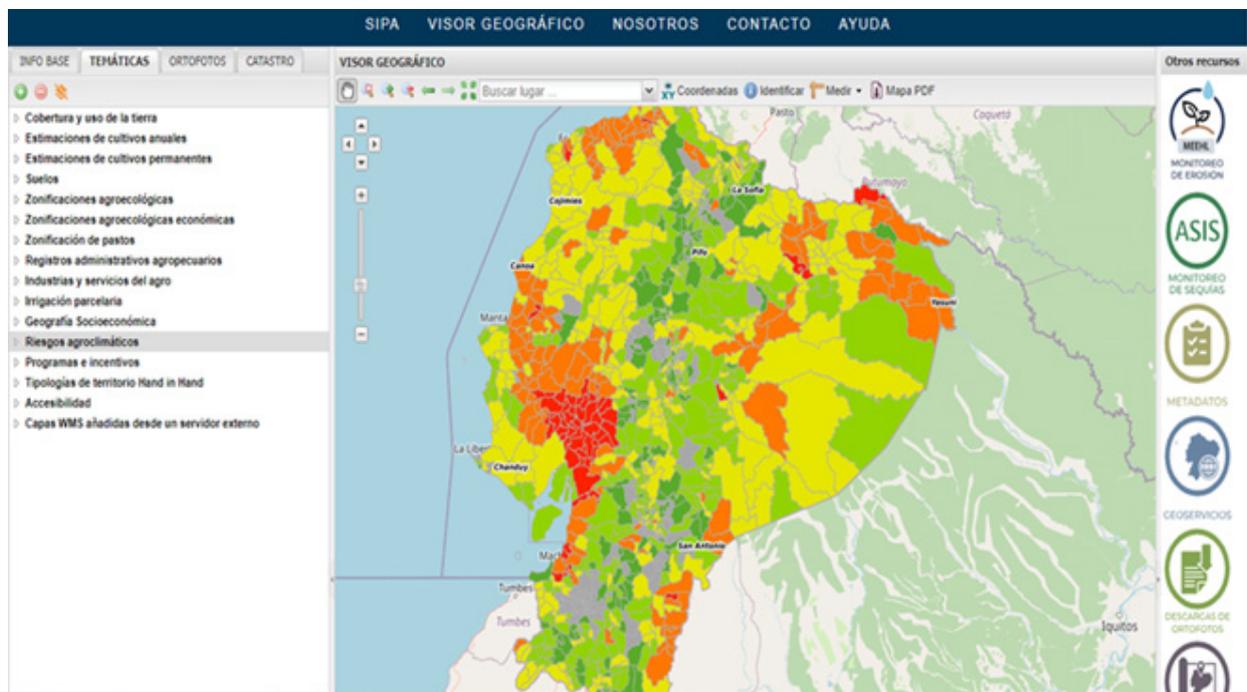


Figura 1. Vista previa Geoportal del Agro Ecuatoriano.

CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de los datos agro-meteorológicos masivos aplicando metodologías adecuadas de tratamiento de información los cuales permiten mejorar las actividades que se realizan para la producción de cultivos transitorios en el litoral ecuatoriano.

Se mostró como beneficia el uso de la agro-meteorología en la planeación de las diferentes actividades agrícolas, lo que las mismas realizan para la caracterización en tiempo y espacio de las relaciones entre el clima, para mejorar el rendimiento de los cultivos transitorios.

Se conoció que para un buen manejo del suelo se debe de llenar ciertas necesidades básicas para que el cultivo pueda adaptarse al entorno físico y crecer satisfactoriamente, claro incluyendo buenas labores agrícolas, para garantizar el rendimiento de los sembradíos.

Se conoció que el problema que afecta el rendimiento de los cultivos transitorios es el cambio climático, que causa afectaciones en la producción de los alimentos, así como también en los recursos naturales, además puede provocar la degradación del medio ambiente, lo que puede dar a existir desastres naturales, afectando a la sociedad misma.

Se mostró mediante estudios como beneficia el uso de los datos agro-meteorológicos masivos para la mejora de los cultivos transitorios, puesto que el análisis de datos masivos da infinitas posibilidades, donde se podrá tener un conjunto grande de datos de forma muy resumida.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de intereses para la publicación del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Molina-Romero A, Ostos-Triana M, Buenaventura-Baron M, Argüelles-Cárdenas J, Molina-Romero A, Ostos-Triana M, et al. Caracterización y tipificación socioeconómica en productores de cultivos transitorios ubicados en Piedemonte y Altillanura plana. Orinoquia. 2020. 24 (1): 113-127. <https://n9.cl/lsmto>
2. Melo-León S, Otálora G, Buitrago D, Riveros L, Giraldo, Roa-Ortiz S. Estimación de los efectos de la variabilidad climática en la producción agrícola en Colombia: Estimated effects of climate variability on agricultural production in Colombia. e-CUCBA. 2024. (21): 133-141. <https://n9.cl/n7r92>
3. García-Mora V, Ilbay-Yupa M, Veintimilla A. Modelo de predicción para los factores que influyen en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Ecuador. Revista Bases de la Ciencia. 2023. 8(2): 1-16. <https://n9.cl/064lv>
4. Giraldo-Mendez D, Navarro Racines C, Martínez Barón D, Loboguerrero Rodríguez A, Gumucio T, Martínez J. Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA): Una guía detallada sobre su implementación, paso a paso. 2da Ed. Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS). 2021. 1-73 <https://n9.cl/mab5u>
5. Caicedo-Aldaz J, Cortez J, López M, Jacome S. Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. Revista de Ciencias Sociales (Ve). 2020. 26(4), 308-327. <https://n9.cl/gymi6>
6. Barragán R. Vulnerabilidad de los cultivos de ciclos transitorios al sur de Quevedo frente al cambio climático, 2018. Proyecto de investigación. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 2019. 50-102. <https://n9.cl/4iflz>
7. Santos J, Monteiro J, Ceballos D, Soto J. Lecciones aprendidas al enfrentar los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos en los sistemas agrícolas y Servicios ecosistémicos en América Latina. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida. 2016. 24(2): 69-82. <https://n9.cl/zozfd>

8. Farfán F. Agroclimatología del Ecuador. Editorial Abya-Yala. Universidad Politecnica Salesiana, 2018. <https://n9.cl/6f3nm>
9. Forcella D, Avena M, Montufar O, Osorio J, Romero D, Yepes F, et al. Ecomicro: Mapeo de datos productivos, climáticos y ambientales. Ed: Yupu, 2020, 7-78. <https://n9.cl/xr9biv>
10. González B, Barragán R, Simba L, Rivero M. Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. Centro de Investigaciones Agropecuarias. 2020. 47(4):54-64. <https://n9.cl/aeoth>
11. Lozano A, Álvarez C, Moggiano N. El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. Scientia Agropecuaria. 2021. 12(1):101-108. <https://n9.cl/yb7spj>
12. Freire L, Coello M. Monitoreo térmico ambiental inalámbrico en cultivos. Novasinergia. Revista digital de ciencia, ingeniería y tecnología. 2022. 5(2): 76-89. <https://n9.cl/qj9elc>
13. Bermeo O, Vásquez T. Comparación de Datos meteorológicos en el periodo 1983-2012 en la región Cinco del Ecuador, su incidencia en el Sector Agropecuario y su Relación con el Cambio Climático. 2022. Universidad Politécnica Salesiana. <https://n9.cl/4l6sik>
14. Bermeo Almeida O, Bazán W, Guevara V. Big Data en la predicción meteorológica para cultivos. Revista Alfa. 2022. 6(16): 33-47. <https://n9.cl/anr8o>
15. Morente V. Big Data o el arte de analizar datos masivos. Una reflexión crítica desde los derechos fundamentales. Derechos y libertades. 2019. 2(41): 225-260. <https://n9.cl/ea2g0>
16. Ministerio de Agricultura y Riego. Marco Orientador de cultivos: Campaña Agrícola; Ecuador. 2020. <https://n9.cl/83vgn>
17. Yvanosky J. Lidefer. 2019. <https://n9.cl/rfgn9>
18. Iemarnó M, Pereda M, Fleita F, Almada C. Agroecología y desarrollo rural: la trayectoria del Grupo Agroecológico Las Tres Colonias, 1998-2019. Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial. 2020. 18: 155-174. <https://n9.cl/er525>
19. Gomez A. Penn State Extension. 2023. <https://n9.cl/eqjx>
20. Torres L, Raffo L, Bermeo O, Cruz C. Desarrollo sustentable con base en una propuesta agroecológica para agrícolas bananeras. Caso agrícola Don Víctor. Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación en Ciencias Administrativas, Económicas y Contables). 2021; 6(1):128-161. <https://n9.cl/4ao6r>
21. Soto J. Greenpeace. 2021. <https://n9.cl/kmlnt>
22. García F. El reto de la profesionalización y la mejora tecnológica de las explotaciones agrícolas: tecnología en equipos de aplicación de productos fitosanitarios. Lucas Mallada, Revista de Ciencias. 2021. 21: 9-26. <https://n9.cl/tuazi>
23. Palomeque M, Urdaneta A. Planificación y control de la gestión administrativa de la producción en el sector agrícola de la provincia de El Oro. Polo del Conocimiento. 2022. 7(6): 302-326. <https://n9.cl/rlgpc>
24. Westreicher G. Economipedia. 2020. <https://n9.cl/fp3ur>
25. Venegas J. Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios en el periodo 2006-2018 para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. 2020. Universidad Andina Simón Bolívar. 94 p. <https://n9.cl/my248p>
26. Ramos F, Rogriguez V. Hortalizas. 2017. <https://n9.cl/joscb>
27. Gutierrez M. Descripción y usos de la Red de Agrometeorología INIA. INIA; 2019. <https://n9.cl/6x5rq>
28. Casadiego Y. Importance of meteorological stations for decision making in agriculture. Master of Art in Online Education. 2020. Se localiza en: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://n9.cl/ta9ss>
29. Paliz C, Perugachi N, Martínez J, Moreno M, Yaucán C, Palaguachi R. Análisis estadístico de datos de las precipitaciones usando métodos robustos y bootstrap. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. 2021. 12(2): 52-61. <https://n9.cl/7dr54>

- 30.** García G, Piccolo M, Bohn V. Implementación de datos meteorológicos modelados en el norte patagónico argentino (1982-2017). *Investigaciones Geográficas*. 2021. 78 (1): 67-87. <https://n9.cl/vj26j>
- 31.** Peralta C, Cárdenas J. Big Data: Dirección de investigación y estudios. En: *La apropiación creativa de la tecnología en educación*. Editorial Teseo, Buenos Aires, Argentina, 300-412.
- 32.** Castillo J. Big data IFCT128PO: IC Editorial; 2018, 10-424. <https://n9.cl/nzrp6>
- 33.** Rosales A, Arechavala R. Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad. *VinculaTégica*. 2020. 6(2): 1415–1427. <https://n9.cl/k13zkx>