



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS
CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP-UTC”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo.

Autor:

Pazuña Mayorga Joel Mateo

Tutor:

Jiménez Jácome Cristian Santiago

CotutorD:

López Guerrero Victoria Alicia

LATACUNGA- ECUADOR

Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Pazuña Mayorga Joel Mateo, con cédula de ciudadanía No. 1751426972, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP - UTC”**, siendo el Ingeniero Mg. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2025



Joel Mateo Pazuña Mayorga
C.C: 1751426972
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PAZUÑA MAYORGA JOEL MATEO**, identificado con cédula de ciudadanía **1751426972** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP - UTC”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2019 - marzo 2020

Finalización de la carrera: octubre 2024 – marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: Ing. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Mg.

Tema: **“DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP - UTC”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 20 días del mes de febrero del 2025.

Joel Mateo Pazuña Mayorga
EL CEDENTE

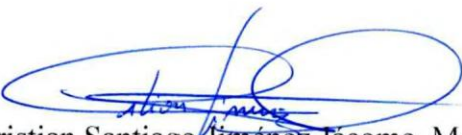
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP - UTC”, de Pazuña Mayorga Joel Mateo, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa

Latacunga, 20 de febrero del 2025




Ing. Cristian Santiago Jiménez Jacome, Mg.
C.C: 0501946263
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Pazuña Mayorga Joel Mateo, con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP - UTC”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 20 de febrero del 2025


Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.
C.C: 0501974703
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Francisco Hernán Chancusing, Mg.
C.C: 0501883920
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Edwin Marcelo Chancusig Espín, Ph.D.
CC: 0501148837
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta etapa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme las herramientas académicas y el espacio necesario para desarrollar mis conocimientos. Su compromiso con la educación ha sido fundamental en mi formación, y este trabajo es el reflejo del esfuerzo conjunto entre docentes, estudiantes y la institución.

A la Ingeniera Karina Marín y al Ingeniero Santiago Jiménez, cuyo apoyo, guía y conocimientos fueron esenciales para la realización de esta investigación. Su paciencia, consejos y dedicación me impulsaron a dar lo mejor de mí, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento académico y profesional. Les agradezco profundamente por su tiempo y compromiso en cada etapa de este proceso.

Y, por supuesto, a los ingenieros del INIAP, por darme la oportunidad de realizar esta investigación bajo su tutela y apoyo.

A mis amigos Daniel, Estefania, Nataly, Steven y mi novia Gaby quienes con su compañía, motivación y apoyo incondicional hicieron más llevadero este camino. Su presencia ha sido un pilar fundamental en mi vida universitaria, brindándome aliento en los momentos difíciles y celebrando conmigo cada logro alcanzado

Joel Mateo Pazuña Mayorga

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mi mamá Johanna Mayorga, por su apoyo incondicional y su constante motivación; a mis hermanos, Juan y Rafaela, por ser parte fundamental de mi vida, brindándome su compañía y aliento en cada momento; y a mi querida "Mamita", cuyo amor, sabiduría y consejos han sido una guía invaluable en mi camino. A todos ustedes, gracias por su confianza, cariño y por estar siempre a mi lado. Este logro también es suyo.

Joel Mateo Pazuña Mayorga

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACION DE GRADOS DIAS DESARROLLO EN LOS CULTIVOS DE CEREALES EN EL PROYECTO INIAP - UTC”.

Autor: Pazuña Mayorga

Joel Mateo

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad determinar los grados días desarrollo en los cultivos de cereales Maíz (*Zea mays*) y Avena (*Avena sativa L.*) en el proyecto INIAPUTC. El proyecto de investigación se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Cotopaxi-

Campus Salache, ubicada en la Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, debido a la importancia que tiene los cultivos de cereales en la provincia de Cotopaxi, contribuyendo a la seguridad alimentaria y la economía nacional, la importancia de los grados días desarrollo radica en la optimización de tiempos de siembra y cosecha, así como en la búsqueda de una producción más eficiente de alimentos. Los objetivos de esta investigación fueron: Calcular los grados días desarrollo de las fases fenológica de los cultivos de Maíz (Floracion) y Avena (Panojamiento) y analizar el efecto del cambio en las tendencias de acumulación de GDD en los cereales Maíz y Avena. Los indicadores morfológicos evaluados fueron: emergencia, desarrollo vegetativo y floración, se registró las temperaturas máximas y mínimas por día, y se determinó los grados días mediante la fórmula. Entre los resultados obtenidos, se analizó que la variedad de maíz INIAP-193 determino las UT por fase fenológica, una acumulación de 117.75 UT en emergencia, 531.9 UT en desarrollo vegetativo y en floración 952,5 UT. La variedad de avena Fortaleza 2020 determino las UT por fase fenológica, una acumulación de 86.8 UT en emergencia, 336.6 UT en desarrollo vegetativo y en panojamiento 710.3 UT. La variedad de avena INIAP-82 determino las UT por fase fenológica, una acumulación de 75.95 UT en emergencia, 309.9 UT en desarrollo vegetativo y en panojamiento 545.5 UT. Se logró calcular los grados días de desarrollo (GDD) de las fases fenológicas del maíz (*Zea mays*) y la avena (*Avena sativa*) en el contexto del proyecto INIAP-UTC. Estos cálculos permiten entender mejor la relación entre las condiciones climáticas y el rendimiento de estos cultivos, facilitando la planificación de siembras y cosechas más adecuadas en función de las temperaturas registradas

Palabras claves: Grados días de desarrollo, maíz, avena, cambio climático, agricultura sostenible

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: ‘DETERMINATION OF DEGREES OF DEVELOPMENT IN CEREAL CROPS IN THE INIAP-UTC PROJECT’.

Author:

Pazuña Mayorga Joel Mateo

ABSTRACT

The aim of this research project is to determine the degree of development of the cereal crops Maize (*Zea mays*) and Oats (*Avena sativa* L.) in the INIAP-UTC project. The research project was carried out at the Technical University of Cotopaxi- Campus Salache, located in the Eloy Alfaro Parish, Canton Latacunga, Province of Cotopaxi, due to the importance of cereal crops in the province of Cotopaxi, contributing to food security and the national economy, the importance of the degree days of development lies in the optimization of planting and harvesting times, as well as in the search for a more efficient production of food. The objectives of this research were: to calculate the degree days of development of the phenological phases of maize (flowering) and oat crops (earning) and to analyze the effect of the change in the accumulation trends of GDD in maize and oat cereals. The morphological indicators evaluated were: emergence, vegetative development and flowering, the maximum and minimum temperatures per day were recorded, and the degree days were determined using the formula. Among the results obtained, it was analyzed that the maize variety INIAP-193 determined the TUs by phenological phase, an accumulation of 117.75 TUs in emergence, 531.9 TUs in vegetative development and 952.5 TUs in flowering. The oat variety Fortaleza 2020 determined the TUs by phenological phase, an accumulation of 86.8 TUs in emergence, 336.6 TUs in vegetative development and in flowering 710.3 TUs. The oat variety INIAP-82 determined the TUs by phenological phase, an accumulation of 75.95 TUs in emergence, 309.9 TUs in vegetative development and in panicle 545.5 TUs. It was possible to calculate the degree days of development (GDD) of the phenological phases of maize (*Zea mays*) and oats (*Avena sativa*) in the context of the INIAP-UTC project. These calculations allow a better understanding of the relationship between climatic conditions and the yield of these crops, facilitating the planning of more appropriate sowings and harvests according to the temperatures recorded.

KEYWORDS: Degree days of development, maize, oats, climate change, sustainable agriculture.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios directos	3
3.2. Beneficiarios indirectos	3
4. JUSTIFICACION.....	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo general	4
5.2. Objetivos específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:	4
7. Fundamentación científica técnica.....	6
7.1. Grados días desarrollo	6
7.2. Las unidades térmicas.....	6
7.3. Tiempo térmico	6
7.4. Radiación solar.....	6
7.5. Grados días desarrollo	6
7.6. Metodología para GDD.....	8
7.7. Calculo para los GDD.....	8
7.8. Temperatura base o umbral	9
7.9. Aplicación de GDD en los cultivos.....	9
8. Cereales.....	9
8.1. Maiz (Zea Mayz)	10
8.2. Clasificación taxonómica del maíz.....	10
8.3. Descripción botánica	11

8.4. Etapas fenológicas del cultivo	11
8.4.1. Escala fenológica de Ritchie y Hanway para el cultivo de maíz	13
8.5. Nascencia	14
8.6. Crecimiento	14
8.7. Floración	14
8.8. Fructificación	15
8.9. Maduración y secado	15
8.10. Desarrollo vegetativo del maíz	15
8.11. Requerimientos climáticos para el cultivo de maíz	15
8.12. Variedades de estudio	16
8.12.1. INIAP – 193	16
9. Avena (Avena Sativa L.)	16
9.1. Clasificación taxonómica	17
9.2. Requerimientos edafoclimáticos	17
9.3. Características morfológicas	18
9.4. Evaluación de cereales	19
9.5. Evaluación de los cereales en la escala de Zadoks	21
9.6. Emergencia	21
9.7. Vigor de la planta	21
9.8. Habito de crecimiento o porte	21
9.9. Días al espigamiento	21
9.10. Variedades de estudio	22
9.10.1. INIAP FORTALEZA 2020	22
9.10.2. INIAP-82	23
10. PREGUNTA CIENTIFICA	23
11. METODOLOGÍA	24
11.1. Ubicación	24
11.2. Tipo de investigación	24
11.3. Aplicada	24
11.4. Cuantitativa	24
11.5. Modalidad básica de la investigación	25
11.6. Bibliográfica y documental	25
11.7. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	25
11.8. Registro de datos	25
11.9. Análisis de datos	25

12. Análisis y discusión	25
13. Conclusiones	31
14. Recomendaciones.....	31
15. Bibliografías	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos, actividades, resultados de la actividad (técnicas e instrumentos).	5
Tabla 2. Clasificación taxonómica del maíz	10
Tabla 3. Etapas de crecimiento del maíz	12
Tabla 4. Etapas vegetativa	13
Tabla 5. Etapa reproductiva	14
Tabla 6. Características de la variedad	16
Tabla 7. Clasificación taxonómica del cultivo de avena.	17
Tabla 8. Características morfológicas de la avena.....	18
Tabla 9. Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha en escala zadok.	19
Tabla 10. Características de la variedad	22
Tabla 11. Características agronómicas	22
Tabla 12. Características de calidad de grano	22
Tabla 13. Características nutricionales	23

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Ciclo del cultivo de maíz	12
Ilustración 2. Etapas fenológicas del cultivo de avena	18
Ilustración 3. Ubicación del ensayo.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grados Días de Desarrollo del maíz, variedad iniap-193 año 2021 - 2022	25
Figura 2. GDD del maíz, de la investigación de g. taco	26
Figura 3. GDD con los datos del inamhi de la investigación de g. taco año 2016	27
Figura 4. Comparativa entre investigaciones de maíz (sea mayz)	28
Figura 5. GDD en avena, variedad fortaleza 2020 año 2021 - 2022	29

Figura 6. GDD en avena, variedad iniap-82	30
Figura 7. Comparativo entre variedades de avena fortaleza 2020 e iniap - 82	31

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto

“Determinación de grados días desarrollo en los cultivos de cereales en el proyecto INIAP-UTC

Fecha de inicio:

Octubre del 2024

Fecha de finalización:

Febrero del 2025

Lugar de ejecución:

Universidad técnica de Cotopaxi- Barrio Salache - Parroquia Eloy Alfaro - Cantón Latacunga - Provincia de Cotopaxi - Zona 3.

Unidad académica que auspicia:

- Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
Estación Experimental Santa Catalina.

Carrera que auspicia:

Carrera de Agronomía.

Proyecto de investigación vinculado:

“Fortalecimiento de capacidades de empoderamiento de la provincia de Cotopaxi”

Equipo de Trabajo:

Tutor: Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

Co-tutora: López Guerrero Victoria Alicia, Mg. (Convenio Interinstitucional Estación Experimental Santa Catalina, INIAP)

Lector 1: Emerson Javier Jacome Mogro, Ph.D.

Lector 2: Francisco Hernan Chancusig, Mg

Lector 3: Edwin Marcelo Chancusig Espin, Ph D.

Responsable del proyecto: Joel Mateo Pazuña Mayorga

Teléfonos: 0987494921

Correo electrónico: joel.pazuna6972@utc.edu.ec

Área de conocimiento:

Agricultura- Agricultura, silvicultura y pesca- Agricultura

Línea de investigación:

Línea 1: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

La biodiversidad forma parte intangible del patrimonio nacional: en la agricultura, en la medicina, en actividades pecuarias, incluso en ritos, costumbres y tradiciones culturales. Esta línea está enfocada en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad y los recursos naturales, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, usos ancestrales de los recursos naturales, la adecuada atención al cambio climático y los ecosistemas frágiles, permitiendo el desarrollo de planes de manejo, producción, equidad social y conservación del patrimonio natural, así como el uso racional de los recursos naturales para reducir y mitigar riesgos naturales. Sublínea de investigación: Producción agrícola sostenible

Línea de vinculación:

Gestión de recursos naturales, biotecnología, biodiversidad y gestión para el desarrollo humano y social

2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

En Ecuador, los cereales desempeñan un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía nacional. Según datos del Banco Mundial (2022), la producción de cereales en el país alcanzó las 2.928.003 toneladas métricas en 2022. Entre los principales cultivos se encuentran el maíz (*Zea mays* L.) y la avena (*Avena sativa* L.), los cuales son fundamentales tanto para el consumo humano como para la alimentación animal.

En la provincia de Cotopaxi, específicamente en la región de Salache, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, estos cultivos son pilares de la actividad agrícola local. El maíz es el principal cultivo de la Sierra ecuatoriana; en 2022, se sembraron al menos 57.000 hectáreas en esta región, duplicando la superficie destinada a otros cultivos importantes como papa, fréjol, cebada y hortalizas (INIAP, 2023). Por su parte, el rendimiento promedio del cultivo de avena

en Ecuador varía entre 1,5 y 3 toneladas por hectárea, dependiendo de las prácticas agrícolas y las condiciones ambientales (Hilegario, 2016).

La producción de estos cereales enfrenta desafíos significativos debido a la variabilidad climática y la falta de adaptación de las prácticas agrícolas a las condiciones térmicas específicas de la zona. La acumulación de grados día de desarrollo (GDD) es un factor crítico que influye en las etapas fenológicas de los cultivos, determinando su crecimiento, desarrollo y rendimiento (Arable, s.f.). Sin embargo, en la región de Salache, existe una carencia de estudios locales que correlacionen los GDD con las fases de desarrollo del maíz y la avena, lo que limita la capacidad de los agricultores para optimizar sus prácticas de manejo, como la selección de fechas de siembra adecuadas y la elección de variedades adaptadas.

Esta situación puede conducir a una disminución en los rendimientos y, por ende, afectar la seguridad alimentaria y los ingresos económicos de la comunidad agrícola de Salache. Además, la falta de información específica sobre cómo las condiciones térmicas locales afectan el ciclo fenológico de estos cultivos impide el desarrollo de estrategias agronómicas eficientes que permitan mitigar los efectos adversos del cambio climático en la producción agrícola de la región.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos de la investigación son la Universidad Técnica de Cotopaxi y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - La Estación Experimental Santa Catalina.

3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son los productores de cereales en Ecuador en especial los de la provincia de Cotopaxi

4. JUSTIFICACION

La provincia de Cotopaxi, ubicada en la región interandina de Ecuador, presenta una amplia variabilidad climática que afecta directamente el desarrollo de los cultivos de cereales. Entre los factores climáticos más determinantes para la productividad agrícola se encuentran los grados días de desarrollo (GDD), los cuales permiten cuantificar el crecimiento de las plantas en función de las temperaturas diarias. La relación entre los GDD y las fases fenológicas de los cultivos ha sido ampliamente documentada en diversos estudios (Castañeda & Barrios, 2020; Flores et al., 2022). En la agricultura de la región andina, el conocimiento preciso de los GDD

puede ayudar a los agricultores a optimizar sus tiempos de siembra y cosecha, lo que a su vez impacta positivamente en la eficiencia de la producción (Guzmán et al., 2019).

A pesar de su importancia, en Cotopaxi existe una limitada investigación que correlacione los GDD con el rendimiento de cultivos como el maíz y la avena, los cuales son fundamentales para la seguridad alimentaria y la economía local (García & Hernández, 2018). Además, la variabilidad de temperaturas observada en los últimos años debido al cambio climático ha generado incertidumbre en la capacidad de los agricultores para predecir con exactitud el rendimiento de sus cosechas (Martínez et al., 2021). Por lo tanto, una investigación que cuantifique los GDD acumulados y su impacto en la productividad agrícola de estos cultivos proporcionará información valiosa para la toma de decisiones y la mejora de las prácticas de manejo agrícola en la región (Rodríguez et al., 2023).

Este estudio permitirá desarrollar recomendaciones precisas para los agricultores locales, optimizando el rendimiento de los cultivos de cereales y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles (Zambrano & Pérez, 2022). Asimismo, contribuirá al desarrollo de políticas públicas que incentiven la adopción de tecnologías y herramientas de manejo agrícola basadas en datos climáticos (Salazar & Ortiz, 2019).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Determinar grados días desarrollo en los cultivos de cereales Maíz (*Zea Mays*) y Avena (*Avena Sativa L.*) en el proyecto INIAP-UTC.

5.2. Objetivos específicos

- Calcular los grados días desarrollo de las fases fenológica de los cultivos de Maíz (Floración) y Avena (Panojamiento).
- Analizar el efecto del cambio en las tendencias de acumulación de GDD en los cereales Maíz y Avena del proyecto INIAP-UTC.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Tabla 1. Objetivos, actividades, resultados de la actividad (técnicas e instrumentos).

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Calcular los grados días desarrollo de cada fase fenológica de los cultivos de maíz (cosecha) y avena (Panojamiento).	Definir las fases fenológicas del cultivo a través de revisión bibliográfica	Fases fenológicas	Fichas técnicas y trabajos de titulación de la universidad técnica de Cotopaxi
		Emergencia	
		Desarrollo	
	Panojamiento		
Determinar la temperatura máxima y mínima registrada por el INAMI durante los periodos en los que se llevaron a cabo las cosechas de cereales	Calculo de GDD en cada etapa fenológica		
		Base de datos de temperatura máxima y mínima en los periodos de cultivo	Hoja de cálculo en Excel digital y físico
Analizar el efecto del cambio en las tendencias de acumulación de GDD en los cereales maíz y avena del proyecto INIAP-UTC	Comparara las gráficos construidos de los distintos periodos establecidos en la UTC-Salache	Curvas comparativas de acumulación de GDD	Base de datos digital y gráficos digitales e impresos

7. Fundamentación científica técnica

7.1. Grados días desarrollo

7.2.Las unidades térmicas

La temperatura controla el desarrollo de varios organismos que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida. La medida de este calor acumulado se conoce como Tiempo Fisiológico, y teóricamente este concepto que involucra la combinación adecuada de grados de temperatura y el tiempo cronológico, es siempre el mismo. (WMO, 1993)

7.3.Tiempo térmico

Cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente. En efecto, la planta "mide" la temperatura cada día y agrega el promedio de ese día a un total requerido para esa fase. Este total se llama tiempo térmico o suma de calor y las unidades térmicas son grados/días (°C). Se puede calcular sumando las temperaturas medias de cada día durante la fase en cuestión. La temperatura media es: (máxima + mínima) /2. (FAO, 2002)

7.4.Radiación solar

La principal fuente de energía es la radiación solar por lo que debería tener una determinación alta dentro de los factores ambientales. Las plantas perciben la radiación solar de tres diferentes formas, la intensidad lumínica que es la cantidad de energía radiante por unidad, la calidad de luz que es la distribución espectral de la radiación y las horas luz por día que se refiere al fotoperiodo (Villas, 2009).

La ubicación geográfica del Ecuador es el principal factor que determina alta radiación por estar cerca de la línea Equinoccial, se está más cerca al sol y los rayos caen perpendicularmente (INAMHI, 2016). La mayor radiación se produce en los meses de verano julio-septiembre donde la nubosidad disminuye, todo lo contrario, sucede en los meses entre abril- junio, donde la radiación disminuye debido a la alta presencia de nubes (INAMHI, 2016).

En el Ecuador, la duración del día y la noche es igual para todos los días del año. (Pattini, 2008)

7.5.Grados días desarrollo

Según Bach et al., (2000), la temperatura es un factor importante en el desarrollo de los cultivos porque es primordial para la determinación de la fecha de siembra, cosecha y en algunos casos de producción.

Los GDD, o unidades térmicas (HU por Heat Units), se utiliza para determinar el desarrollo de las plantas. (Angel, 2016). Los cuales según Holen & Dexter (1997), han sido utilizados en varios sistemas de producción de hortalizas. Con la finalidad de predecir el número de días desde la siembra hasta la cosecha.

Los GDD combinan el tiempo y la temperatura determina el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por otra parte, nos dicen que el desarrollo de un organismo se produce solo si la temperatura supera los valores del umbral mínimo de crecimiento. (Hoyos et al., 2012) Según Holen & Dexter (1997), los GDD son una medida de desarrollo determinada por el calor aprovechable, la misma que se calcula en base a temperaturas máximas y mínimas. Se refiere a la cantidad de calor que una planta puede absorber y almacenar en un día; la cantidad de GDD que se acumula está influida por la temperatura, y el crecimiento de la planta se acelera o ralentiza en función de esta acumulación.

Según la Universidad de California (2005), La temperatura y el tiempo necesarios para que un organismo se desarrolle plenamente de un lugar a otro están relacionados por los GDD, que son esencialmente unidades. Producto acumulativo de la temperatura por el tiempo, suelen denominarse unidades térmicas.

Las plantas deben acumular una cierta cantidad específica de calor, expresada en grados-día o unidades de calor, desde la germinación hasta la madurez, esta cantidad se conoce como unidades térmicas y es aproximadamente constante. Estos requisitos de calor están definidos por temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura óptima (Inifap, 2010).

El ritmo de desarrollo de muchos organismos está influido por la temperatura y, para cambiar de estado durante su ciclo vital, un organismo debe adquirir una cantidad específica de calor. El tiempo fisiológico es una noción que combina la temperatura y la secuencia temporal para evaluar la cantidad de calor que se ha acumulado. Dependiendo de la tasa de acumulación de GDD, los eventos fenológicos se retrasarán o acelerarán (Inifap, 2010). Por ejemplo, el efecto de la temperatura en la floración en frutales tropicales como el mango ha sido estudiada ya que antes de la floración es necesario la iniciación de yemas que estaría asociada con la biosíntesis de un promotor de floración (PF) y su translocación desde los sitios de producción hasta las yemas depende de la temperatura. Así mangos del subtrópico mueven el PF 100 cm de distancia mientras que los del trópico tan solo 52 cm (Ramírez & Davenport, 2010).

Se puede utilizar un modelo de tiempo térmico llamado método grado-día para medir el desarrollo del cultivo en función de la temperatura. Utilizando la temperatura base del cultivo y la temperatura

media del día para obtener un valor de temperatura acumulativo que permite el desarrollo de diferentes cambios fisiológicos a lo largo del tiempo (Infante, 2010). Según Pérez et al. (2001), la metodología de GDD permite obtener y recopilar información de la energía que las plantas en función de la temperatura y tiempo acumulan.

7.6. Metodología para GDD

Según la Universidad de California (2017), hay varias formas de calcular los GDD, como son los métodos, seno simple, doble seno, triángulo simple, triángulo doble y residual. Los más comunes son el método residual y el método del seno simple.

Según Yzarra & López (2011), el método residual implica sumar la temperatura más alta y baja del día, dividir las por dos (temperatura promedio) y restar el umbral más bajo o temperatura base.

Según Centro de Investigación y Transferencia de Riego y Agroclimatología (2009), el uso de GDD en los cultivos se puede utilizar para planificar las fechas de siembra o los ciclos de cultivo, predecir las fechas de la cosecha, predecir los rendimientos y determinar el desarrollo vegetal esperado de diferentes cultivos. Determinar el desarrollo esperado de la planta en diferentes fechas de siembra, predecir el coeficiente de cultivo (K_c), predecir la aparición de plagas y enfermedades, predicción de los acontecimientos biológicos para controlar de mejor manera plagas.

7.7. Calculo para los GDD

Según Mancera (2011), La fórmula para el cálculo de los grados días de desarrollo más utilizada es la siguiente:

$$\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

T máx: Máxima temperatura del aire en el día.

T mín: Mínima temperatura del aire en el día.

T base: Temperatura por debajo de la cual el crecimiento de la planta no ocurre, esta temperatura depende de cada cultivo.

Según la Universidad de California (2017), en ambientes donde las condiciones no son controladas, para que la precisión en el cálculo de GDD mejore se recomienda el registro de temperaturas máximas y mínimas por hora.

Según Monroy et al., (2014), para mejorar los datos mediante el modelo grado-día. Los datos de temperatura originales se toman dentro de las 24 h y se establecen rangos que van entre 5.3 y 30° (umbral inferior y el umbral superior, respectivamente). Dentro de este rango, la planta tendrá buenas funciones fisiológicas y, más allá de estos umbrales, la planta no tendrá un desarrollo significativo.

Los GDD diario se suman, para poder obtener la cantidad total de GDD requerida en la etapa de desarrollo fenológico o durante todo el ciclo de vida del cultivo. Ahora bien, si el valor de GDD es negativo o cero, no debe ponerlo en el total (PROECUADOR, 2017).

Cabe señalar que el cálculo de GDD en un ambiente controlado es muy sencillo, pero en condiciones de campo abierto, condiciones climáticas y diferentes épocas del año, interferirá con la correlación de GDD. Por lo tanto, se recomienda tomar los valores máximos y mínimos por hora (Fainstein, 2013).

7.8. Temperatura base o umbral

Cada especie vegetal tiene una temperatura óptima, que determina los requerimientos de calor para su crecimiento y desarrollo. La temperatura más baja para el crecimiento de las plantas y la temperatura más alta para el crecimiento de las plantas también se denominan temperaturas umbral. Además de la temperatura óptima, también existe una temperatura letal, que puede provocar la muerte de la planta (Parker, 2010).

La temperatura máxima es la temperatura más alta en la cual se desarrolló el cultivo. Las plantas muestran el mayor desarrollo cuando se exponen a la temperatura óptima. La temperatura mínima baja o umbral inferior es la temperatura más baja a la que la planta resiste sin daño fisiológico. A este nivel de temperatura, el crecimiento de las plantas disminuirá y se detendrá (Parker, 2010).

7.9. Aplicación de GDD en los cultivos

El INEC (2015), desarrolló un modelo cuadrático para ayudar a comprender el desarrollo de tres variedades de rosas. El modelo sostiene que fenológicamente se podría anticipar un evento, ya que los GDD se han analizado con la finalidad de comprender el crecimiento de los organismos vivos, ya sea un animal o una planta.

8. Cereales

Los cereales, su nombre proviene de Ceres, la diosa romana de la agricultura, son un grupo de plantas de una gran familia: las gramíneas. Las semillas y los frutos son en realidad iguales:

Los cereales más utilizados en la alimentación humana son el maíz, el trigo y el arroz, pero también son importantes la avena, la cebada, el centeno y el mijo. Algunos cereales, como el trigo, la espelta y el centeno, contienen gluten, una proteína especial que se utiliza para hacer pan, por eso se les llama granos de pan (Ramos, 2013).

Los cereales han sido considerados un alimento básico para el ser humano desde la antigüedad. La humanidad ha aprovechado probablemente el fruto de las gramíneas durante más de diez mil años. En nuestro país los cereales son parte esencial de la canasta básica y dieta diaria de los ecuatorianos. Sin embargo, todavía dependemos de las importaciones de estos productos (Ponce et al., 2019). Los cereales son los cultivos más importantes del mundo debido a la superficie cultivada y su cultivo, que forman la base de la dieta de la mayoría de las personas (Lluch & María, 2013).

8.1. Maíz (*Zea Mayz*)

8.2. Clasificación taxonómica del maíz

De acuerdo con Valladares (2010), el maíz se encuentra clasificado de la siguiente manera:

Tabla 2. Clasificación Taxonómica del maíz

Reino	<i>Plantae</i>
Sub reino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Sub clase	<i>Commelionidae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceas</i>
Sub familia	<i>Panicoidae</i>
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>

Fuente: Valladares (2010)

8.3.Descripción botánica

El maíz (*Zea mays L.*) Alcanza una altura de 1,5 a 3 metros cada año. Tallos largos y gruesos (>15 mm). Hojas anchas (2-10 cm) con un nervio central marcado. La planta es monoica, y su panícula terminal (penacho) tiene flores masculinas formadas por lemma, palea, dos lodículas y tres estambres, dos en cada espiguilla. Las flores masculinas son pareadas, siendo una casi sésil y la otra cortamente pedicelada. Espiguillas situadas en el eje robusto de la mazorca, glumas disminuidas; lemma y palea muy reducidas; dos flores femeninas por espiguilla (una estéril) en inflorescencias axilares (panícula o mazorca). 7 Estilos de gran longitud, exsertos por la parte apical de la mazorca, formando la pilosidad, fruto en cariósipide, duro, generalmente amarillo parte apical de la mazorca, formado la cabellera. Fruto en cariósipide, dura, generalmente amarilla (UNAVARRA, 2005).

8.4.Etapas fenológicas del cultivo

Las observaciones agrometeorológicas permiten evaluar la interacción de un cultivo con su medio ambiente físico para poder conocer sus condiciones climáticas y requerimientos hídricos adecuados; estos conocimientos son necesarios en el uso de modelos agroclimáticos, en el diseño y la planificación de riegos, en la programación de siembras y cosechas, en zonificaciones agroclimáticas. (SENAMHI, 2011)

Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de éste evento se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos períodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. (SENAMHI, 2011)

Para el cultivo de maíz se han considerado las siguientes etapas:

- Siembra – emergencia (I etapa)
- Emergencia – panoja (II etapa)
- Panoja – espiga (III etapa)
- Espiga – maduración (IV etapa)

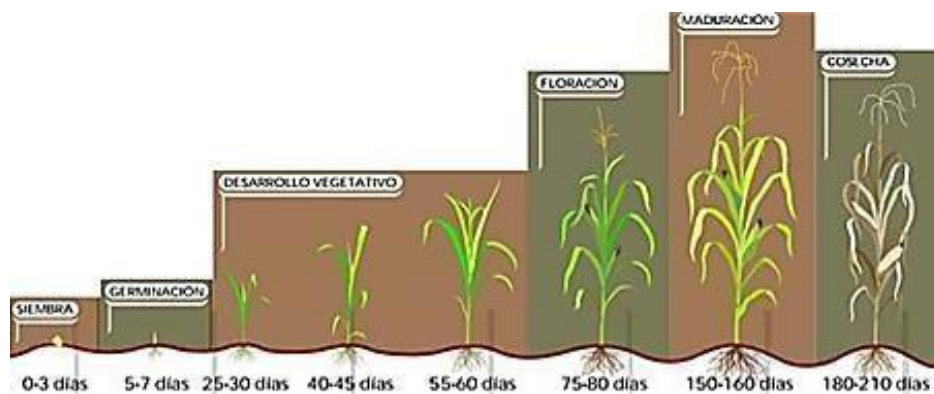
La suma de las cuatro etapas constituye el ciclo de vida del maíz. Cada una de estas etapas está influenciada por los elementos meteorológicos que en su conjunto constituyen el clima de una localidad

Tabla 3. Etapas de crecimiento del maíz

Etapa	Días	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n”. (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa lechosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano.

Fuente: (CIMMYT, 2004)

El ciclo del cultivo en variedades mejoradas llega hasta los 270 días; sin embargo, el período depende de la variedad y del propósito, si es para choclo o grano seco. (INIAP, Manejo integrado del cultivo del maíz suave, 2011) **Ilustración 1.** Ciclo del cultivo de maíz



Fuente: INIAP (2011)

8.4.1. Escala fenológica de Ritchie y Hanway para el cultivo de maíz

(Ritchie & Hanway, 1982) Crearon la escala fenológica más utilizada para describir el ciclo del cultivo de maíz. En esta escala se pueden visualizar dos grandes etapas: la vegetativa (V) y la reproductiva (R). La subdivisión numérica de la fase vegetativa corresponde al número de hojas totalmente expandidas (lígula visible). La etapa reproductiva comienza con la emergencia de estigmas (R1) y finaliza en madurez fisiológica

Tabla 4. Etapas Vegetativa

V	Estados Vegetativos
Ve	Emergencia
V1	1° hoja desarrollada
V2	2° hoja desarrollada
V3	3° hoja desarrollada
V4	4° hoja desarrollada
V5	5° hoja desarrollada
V6	6° hoja desarrollada
V7	7° hoja desarrollada
V8	8° hoja desarrollada
V9	9° hoja desarrollada

V10	10° hoja desarrollada
Vt	Panojamiento

Fuente: (Ritchie & Hanway, 1982)

Tabla 5. Etapa reproductiva

R	Etapa Reproductiva
R1	Emergencia de estigma
R2	Cuaje
R3	Gano lechosos
R4	Grano pastoso
R5	Grano dentado
R6	Madurez fisiológica

Fuente: (Ritchie & Hanway, 1982)

Revelo (2006) Indica que el ciclo vegetativo del maíz comprende:

8.5.Nascencia

Es el periodo que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días. (Revelo, 2006)

8.6.Crecimiento

Una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nascencia, de la planta, debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formada todas sus hojas. (Revelo, 2006)

8.7.Floración

a los 25-30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de este. Transcurridas 4 a 6 semanas desde este momento se inicia la liberación del polen, con una duración de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o de lluvias. (Revelo, 2006)

8.8.Fructificación

Con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados pelos del choclo, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma un tamaño definitivo, se forman los granos y aparecen en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia leñosa, rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón. (Revelo, 2006)

8.9.Maduración y secado

Hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35% de humedad. A medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más condiciones ambientales de temperatura, humedad ambiente. (Revelo, 2006)

8.10. Desarrollo vegetativo del maíz

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula. (Amaris, C. y Quiros, J, 1996)

8.11. Requerimientos climáticos para el cultivo de maíz

El maíz necesita una temperatura entre 20 y 30 grados °C. por lo que su eficiencia en climas húmedos es inferior. Para que la semilla germine, la temperatura del suelo debe oscilar entre los 15 y 20 °C. El maíz puede resistir hasta temperaturas mínimas de 8C. Desde los 30 °C, pueden surgir dificultades graves debido a una inadecuada absorción de nutrientes, minerales y agua. El maíz es una especie vegetal con una amplia superficie de flores, lo que resulta en una amplia habilidad para la fotosíntesis y la evapotranspiración. Por esta razón, es una planta altamente susceptible a las elevadas temperaturas y a la ausencia de humedad en el terreno. La temperatura ideal para la fructificación es de 20 a 32°C. (Ortas, 2008).

La temperatura es una de las principales fuerzas impulsoras para el crecimiento y el desarrollo de los cultivos y de varios estados fenológicos que se manifiestan a través de su desarrollo. (Salazar & Gutiérrez, 2013). La fenología se describe comúnmente como los cambios que se producen en las plantas desde la emergencia hasta la madurez de cosecha, tales como la

brotación, floración, desarrollo del fruto, y cómo estos cambios se ven afectados por las condiciones ambientales locales. (Salazar & Otros, 2013).

8.12. Variedades de estudio

8.12.1. INIAP – 193

Tabla 6. Características de la variedad

Carácter	Nivel de expresión	Variables Cualitativas	Variables Cuantitativas
Planta: intensidad del color verde del follaje	Medio	2	-
Tallo: color	Carta de colores RHS	77A (violeta oscuro) (23%) 92A (violáceo medio) (22%) 144 A (verde medio) (17%) 146 A (verde amarronado) (12%) Otros colores (26%)	-
Hoja: forma característica	Curvada	5	-
Índice de macollamiento	Muy baja	1	-
Tallo: diámetro (mm)	Medio (15,1 a 20,0)	3	16
Hoja: coloración de la lámina foliar	Carta de colores RHS	N139 (verde)	-
Panicula: época de la antesis	Tardía a muy tardía	8	133
Espiga: longitud (cm)	Larga (25,1 a 43,0)	7	41,5
Planta: número de nudos por planta	Muy alta	9	-
Planta: altura (cm)	Alta (221 a 300 cm)	7	278,8
Planta: altura de la mazorca superior	Muy alta (>160 cm)	9	182,2
Planta: número de mazorcas por planta	Muy bajo (0 a 20%)	1	2
Mazorca: longitud (cm)	Corta (10,1 a 15,0)	3	10,8
Mazorca: diámetro de la mazorca (cm)	Medio (5,1 a 6,0)	5	5,3
Mazorca: forma	Cónica	1	-
Mazorca: número de hileras de granos	Pocas (12 a 16)	3	16
Mazorca: número de granos por hilera	Pocas (21 a 30)	3	26
Grano: tipo	Dulce	5	-
Grano: color del grano	Carta de colores RHS	17C (Naranja amarillento claro)	-
Grano: forma de la superficie	Contraído	1	-
Mazorca: Color de tiza (olote)	Bianco	1	-
Sólo variedades con mazorca con tipo de grano: dulce o ceroso: granos: número de colores de los granos	Uno	1	-
Sólo variedades con mazorca con tipo de grano dulce: Grano: intensidad del color amarillo	Medio	5	-
Sólo variedades con mazorca con tipo de grano dulce: Grano: longitud (mm)	Medio	5	13,2
Sólo variedades con mazorca con tipo de grano dulce: Grano: anchura (mm)	Medio	5	7,9
Sólo variedades con mazorca con tipo de grano dulce: Mazorca: contracción del extremo superior del grano	Fuerte	5	-
Rendimiento (t/ha)	-	-	2,0 - 4,0
Adaptación (m-sun)	Valles interandinos	-	2 400 - 2 900

Fuente: (Chavez et al., 2022)

9. Avena (*Avena Sativa L.*)

La avena es una planta anual que puede crecer en tierras altas, tierras bajas, tierras salino-alcalinas o regiones áridas. Tiene una fuerte adaptabilidad desde climas semicálidos a fríos. También es rico en proteínas, minerales y vitaminas y otros altos valores biológicos. Se cree

que la avena es originaria de Europa, pero no se sabe cómo se introdujo en Ecuador. Actualmente, se produce de forma más intensiva en la región andina, donde se caracteriza por un crecimiento perenne en el monte. e intentar producir hojas nuevas que puedan usarse para alimentar al ganado u otros animales (Tubon, 2022).

9.1. Clasificación taxonómica

La avena es una especie anual de la familia de las monocotiledóneas y se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 7. Clasificación taxonómica del cultivo de avena.

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pteropsida
Clase	Angiosperma
Subclase	Monocotiledonea
Orden	Graminales
Familia	Gramíneas
Tribu	Aveneae
Genero	Avena
Especie	<i>Avena sativa L.</i>

Fuente. (Romero, 1983)

9.2.Requerimientos edafoclimáticos.

Cerdas, (2012), menciona que para generar una buena producción de forraje el cultivo de avena, hay que tener en cuenta algunos parámetros:

Altitud: se da en zonas tropicales a una altura desde 1500 hasta 3000 msnm, suele adaptarse en zonas áridas.

Fotoperiodo: este es un cultivo que necesita largos días de sol de manera natural.

Temperatura: Según (Choque, 2005), se desarrolla entre 5°C y 30°C, con un óptimo de 17,5°C. La avena es una planta anual que requiere de un clima templado frio, con temperaturas de 6°C para germinar y de 12°C a 16°C para completar su floración.

Precipitaciones: la avena es resistente a sequias, pero no por muy largas temporada, la precipitación adecuada para este cultivo es de 500mm.

Textura: se desarrolla de mejor manera en suelos arcillosos limosos ya que son suelos con gran retención de agua.

Salinidad: es ligeramente tolerante a la salinidad **pH:**

su pH optimo es de 6

Drenaje: es importante contar con un buen drenaje para evitar ciertas enfermedades.

9.3. Características morfológicas

Los recursos fitogenéticos pueden caracterizarse morfológicamente definiendo un conjunto de rasgos mediante descriptores predefinidos que permiten la diferenciación taxonómica de las plantas. Ciertas cualidades que son fácilmente observables y muestran expresiones consistentes en cualquier entorno, lo que las hace altamente heredables. La identificación de las plantas, la conservación de los recursos genéticos y la investigación de la variación genética se ven facilitadas por los rasgos morfológicos, Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en los programas de mejora y conservación de cultivos (Argenta, 2019).

La morfología de las plantas tiene que ver con el conjunto de características cualitativas y cuantitativas con la forma y estructura de las plantas. Las formas de las plantas que crecen en los viveros son efectos de las características fitogenéticas, condiciones ambientales y métodos de cultivo utilizados como fecha de siembra, densidad de plantas, grado de sombra, regímenes de fertilización y riego, podas aéreas (Navarro et al., 2006).

Tabla 8. Características morfológicas de la avena.

Órgano	Características
Raíz	Posee muchas raíces y es profunda lo que permite que la planta absorba mejor los nutrientes.
Tallo	Son gruesos y rectos y en ocasiones llegan a medir hasta un metro.
Hojas	Son planas y largas de color verde oscuro.
Flores	La inflorescencia es una panícula, forma un racimo de espiguillas con dos o tres flores.
Fruto	Cariópside.

Fuente. (Frías, 2012)

Ilustración 2. Etapas fenológicas del cultivo de avena

↑ EMERGENCIA	↑ TERCERA HOJA	↑ MACOLLAJE	↑ ENCAÑADO	↑ PANOJA	↑ FLORACIÓN	↑ MADU- RACIÓN LECHOSA	↑ MADU- RACIÓN PASTOSA	↑ MADU- RACIÓN CORNEA
Aparición de las plantitas con 1 ó 2 hojas por encima de la superficie del suelo.	Aparece la tercera hoja en la planta..	Momento en que aparece el primer macollo en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta. Se debe anotar el inicio de esta fase cuando el macollo tiene 1 cm de longitud.	Aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Este nudo se halla entre los 2 a 3 cm del suelo.	La mitad de las panojas han comenzado a salir de la vaina de la hoja superior.	Momento en que se abren las primeras flores.	Los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.	Los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa.	Los granos se hallan duros y todas las partes de la planta están secas.

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), 2009)

9.4.Evaluación de cereales

La escala de Zadoks es fundamental ya que explica de forma clara y explícita mediante gráficas y detalla cada una de las etapas de desarrollo del cultivo (Ponce et al., 2020).

La evaluación no debe basarse en el número de días transcurridos desde la siembra, sino en el estado de desarrollo del cultivo (Ponce et al., 2020).

Zadoks et al. (1974), describe en la [Tabla 9](#) la escala detalladamente para cada una de las etapas más importantes del desarrollo del cultivo.

Tabla 9. Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha en escala Zadok.

0	Germinación
07	Emergencia del coleóptilo
09	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	Macollaje

	21	Un tallo principal y un macollo
	23	Un tallo principal y tres macollos
	25	Un tallo principal y cinco macollos
	27	Un tallo principal y siete macollos
	30	Elongación del tallo
	31	Primer nudo detectable
	32	Segundo nudo detectable
	33	Tercer nudo detectable
	37	Hoja bandera visible
	39	Lígula de hoja bandera visible
	40	Preemergencia floral
	41	Vaina de la hoja bandera extendida
	45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
	47	Vaina de la hoja bandera abierta
49		Primeras aristas visibles
50		Emergencia de la inflorescencia
	51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
	55	Mitad de la inflorescencia emergida
	59	Emergencia completa inflorescencia
	60	Antesis
	61	Comienzo de antesis
	65	Mitad de antesis
	69	Antesis completa
	70	Grano lechoso
	75	Medio grano lechoso
	77	Grano lechoso avanzado
	80	Grano pastoso
	83	Comienzo de grano pastoso

	87	Pastoso duro
	90	Madurez
91		Cariopse duro (difícil de dividir)
92		Cariopse duro (no se marca con la uña)

Fuente. (Ponce et al., 2021)

9.5.Evaluación de los cereales en la escala de Zadoks.

9.6.Emergencia

Estimar cuántas plantas emergerán de un campo o parcela se conoce como “emergencia”. Esta métrica subjetiva se evalúa visualmente y se representa como buena, regular o pésima en términos porcentuales. Este parámetro se evalúa en el estadio de desarrollo Z 12 o Z 13 según la escala de Zadok: dos o tres hojas en desarrollo (Ponce et al., 2019).

9.7.Vigor de la planta

El objetivo de la evaluación del vigor es evaluar el rendimiento de cada accesión. La tasa de crecimiento de la planta en una parcela en función del desarrollo total del cultivo (tamaño de la planta, tamaño de las hojas, número de colonias, etc.) se conoce como vigor. Cuando el cultivo se encuentra en la fase de desarrollo Z 14 o Z 15, este parámetro se evalúa utilizando la escala de Zadoks. Han crecido cuatro o cinco hojas antes de que comience la labranza (Ponce et al., 2020).

9.8.Habito de crecimiento o porte

Tiene que ver cómo crece la planta y cómo se disponen las hojas y los tallos en las primeras fases de crecimiento. La etapa de desarrollo del cultivo para este parámetro según la escala de Zadoks es de Z 20 a Z 29, es decir, toda la fase de macollamiento (Ponce et al., 2020).

9.9.Días al espigamiento

Los días de espigamiento es el número de días desde la siembra hasta la aparición de las espigas de las plantas en el campo. Este parámetro se estima mediante inspección visual, que calcula el número de días desde la siembra hasta la emergencia completa de las espigas en la parcela. La etapa de desarrollo del cultivo utilizada para registrar este parámetro según Zadoks es Z 55, es decir, aparece la mitad de la inflorescencia (Ponce et al., 2020).

Factores de influencia: sequías, condiciones climáticas, pisos altitudinales, cambios fuertes de temperatura, nubosidad y fotoperiodo.

9.10. Variedades de estudio

9.10.1. INIAP FORTALEZA 2020

Tabla 10. Características de la variedad

Característica	Descripción
Tallo	Fuerte, grueso, resistente al vuelco
Macollos	10 – 12
Tamaño de hojas	grandes
Número de hojas	5
Panoja, tamaño	grande
Número de espiguillas por panoja	70

Fuente: (Jiménez et al., 2020)

Tabla 11. Características agronómicas

Característica	Descripción
Altura de planta en cm	130 – 140
Días al panojamiento	70 – 80
Días a la cosecha para grano	150 -160
Días a la cosecha para ensilaje tipo funda	100 -110
Rendimiento potencial (t ha ⁻¹) materia verde	53
Rendimiento promedio (t ha ⁻¹) materia seca	10,36
Rango de rendimiento en grano seco (t)	5 - 6
Peso de 1000 granos (g)	47
Estrés hídrico	Tolerante
Reacción a enfermedades: Roya de la hoja	Resistente
Reacción a enfermedades: Roya del tallo	Resistente
Reacción a enfermedades: Virosis (BYDV)	Resistente

Fuente: (Jiménez et al., 2020)

Tabla 12. Características de calidad de grano

Ítem	Con Cáscara	Sin Cáscara
Extracto etéreo %	3,77	4,85
Proteína %	15,01	17,48
Fibra %	17,89	10,52
Elementos libres de Nitrógeno %	60,01	64,52
Cenizas %	3,31	2,63

Fuente: (Jiménez et al., 2020)

Tabla 13. Características nutricionales

Fase del cultivo	Contenido de proteína
Planta tierna, en embuche (Z 59)*	23,5%
Planta madura, estado pastoso (Z 77)*	17,48%

Fuente: (Jiménez et al., 2020)

9.10.2. INIAP-82

‘INIAP–82’ Principalmente, se distingue por poseer un hábito de crecimiento erecto. El florecimiento ocurre a los 90 días, la fase de lèche a los 130 y la madurez comercial a los 180 días. Posee un macollaje eficaz. La estatura alcanza los 1.40 metros. El tallo es grueso y la hojalámina larga. La inflorescencia se produce a media panoja. El grano es grande y amarillo oro. El peso promedio de 1000 semillas es de 32 gramos. El peso hectolítrico es de 50.7 gramos. A nivel regional el rendimiento promedio de grano es 1900 kg/ha (42 qq) y de forraje verde (floración) 34 t/ha (748 qq/ha). Finalmente, su rango de rendimiento en grano oscila de 1500 a 3800 kg/ha (33 a 80 qq/ha). (Gustabo, 1984)

10. PREGUNTA CIENTIFICA

¿Los grados días desarrollo influyen en las fases fenológicas en los cultivos de los cereales (avena y maíz)?

Si, en los cereales como maíz y avena tienen un desarrollo altamente dependiente de la acumulación térmica, lo que significa que el tiempo necesario para alcanzar cada fase fenológica varía según la disponibilidad de calor, por lo mismo influyen directamente los GDD en las etapas fenológicas de las mismas.

11. METODOLOGÍA

11.1. Ubicación

Este estudio se llevó a cabo en dos lugares, en la Universidad Técnica de Cotopaxi - Campus Salache, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

- **Altitud:** 2.750msnm.
- **Longitud:** 78°37'14" Oeste
- **Latitud:** 00°59'57" Sur

Ilustración 3. Ubicación del Ensayo.



Fuente. (Google Maps, s. f.)

11.2. Tipo de investigación

11.3. Aplicada

Según Murillo (2008), se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

11.4. Cuantitativa

Se trata de una investigación cuantitativa ya que buscamos obtener datos que se pueden cuantificar mediante mediciones, además se empleara el análisis estadístico básico para determinar temperaturas medias y alturas de las plantas en estudio para su posterior análisis y discusión. (Arias, 1999)

11.5. Modalidad básica de la investigación

11.6. Bibliográfica y documental

El material bibliográfico y documental son relacionados ya que ayudara como base para el marco teórico y los resultados obtenidos.

11.7. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

□ **Bibliográfico documental:** El material bibliográfico y documental tuvo estrecha relación para el contexto del marco teórico y la discusión de los resultados obtenidos.

11.8. Registro de datos

Se elabora una base de datos en Excel con las temperaturas máximas y mínimas diarios.

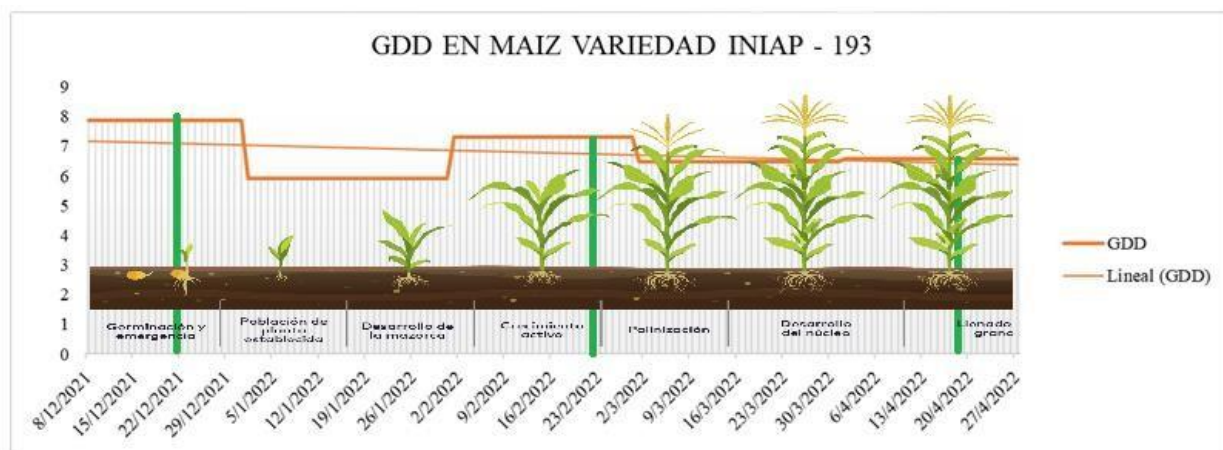
11.9. Análisis de datos

Se hace utilizando estadista describe en Excel atreves de tablas dinámicas, y graficas en relación temperatura y desarrollo vegetativo.

- Revisión bibliográfica que cumpla los requerimientos para la investigación
- Tabulación de datos
- Tablas de Excel
- Graficas de GDD y comparativas entre variedades de estudio
- Graficas generadas en Excel, utilizando la fórmula de GDD
- Análisis y discusión con los resultados obtenidos en la investigación

12. Análisis y discusión

Figura 1. Grados días de desarrollo del maíz, Variedad INIAP-193 año 2021 - 2022



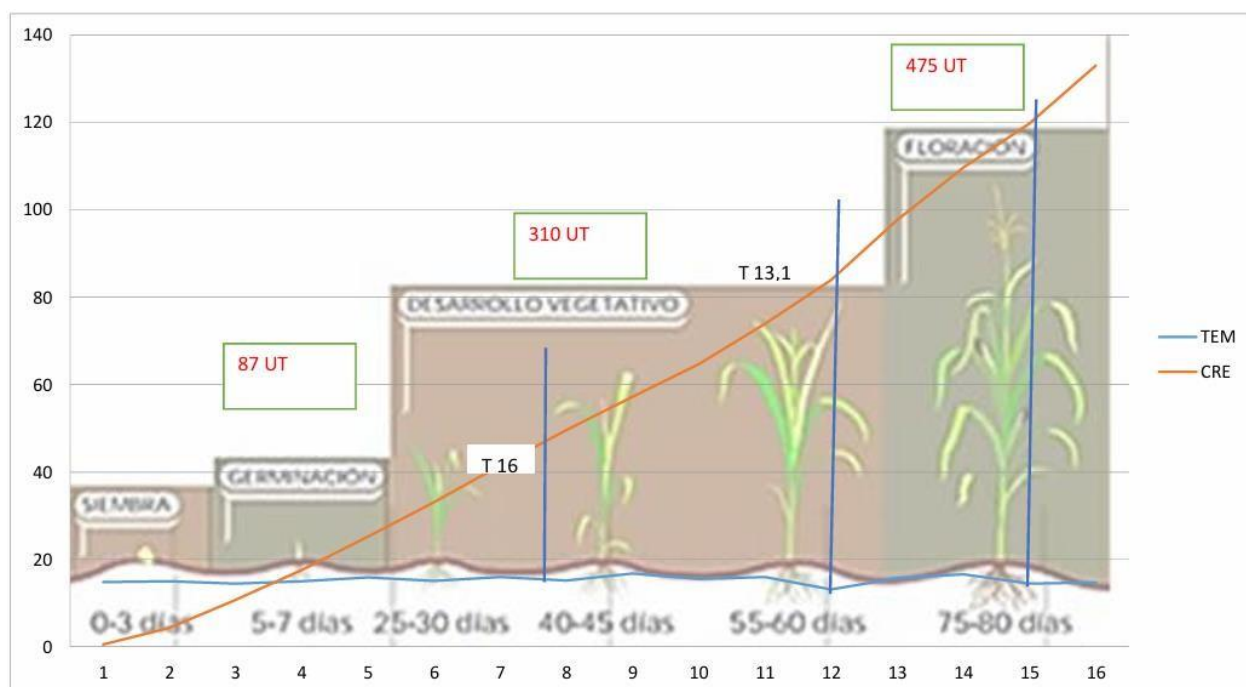
Elaborado por: Mateo Pazuña

Mediante esta grafica podemos observar que los GDD o UT acumulados fueron de 952,5 hasta floración, con un promedio diario de 6.75 GDD, esto puede variar de acuerdo en el mes se cultivó.

Gracias a esta investigación se logró determinar las UT por fase fenológica, con una acumulación de 117.75 UT en emergencia, 531.9 UT en desarrollo vegetativo y en floración fueron 952,5 UT.

Los resultados obtenidos si entran en los parámetros puestos por (Arista-Cortes et al., 2018) que indica que los GDD o Ut tiene un rango de 800 a 1696 UT.

Figura 2. GDD del maíz, de la investigación de G. Taco



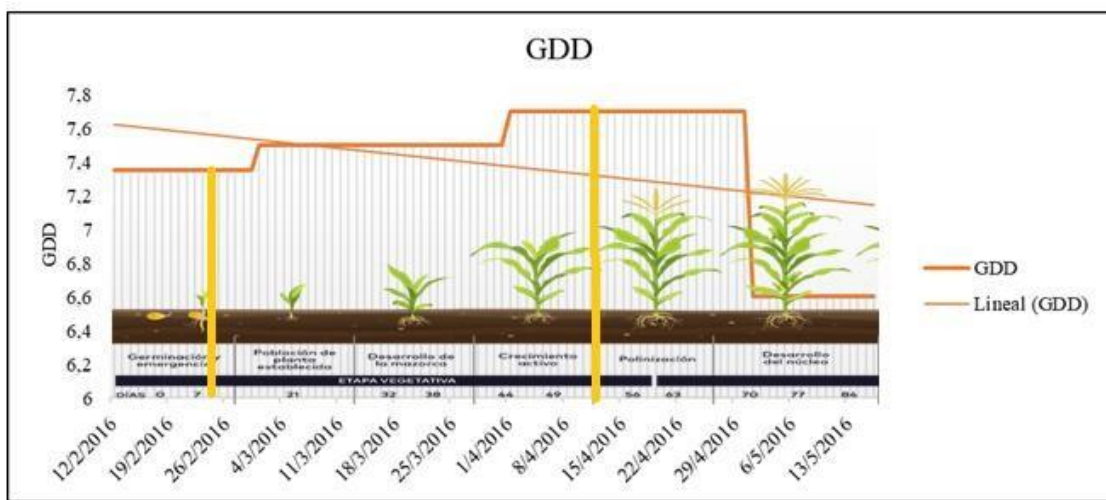
Fuente: (Taco, 2017)

Mediante la gráfica realizada por (Taco, 2017) podemos observar que los GDD o UT acumulados fueron de 475 hasta floración, con un promedio diario de 5.93 GDD, esto puede variar de acuerdo en el mes se cultivó.

En esta investigación se determinó las UT por fase fenológica, con una acumulación de 87 UT en emergencia, 310 UT en desarrollo vegetativo y en floración fueron 475 UT.

Los resultados obtenidos no entran en los parámetros puestos por (Arista-Cortes et al., 2018) que indica que los GDD o Ut tiene un rango de 800 a 1696 UT. Dado esto ya que en esta investigación se utilizó las temperaturas medias y no las máximas y mínimas.

Figura 3. GDD con los datos del INAMHI de la investigación de G. Taco año 2016



Elaborado por: Mateo Pazuña

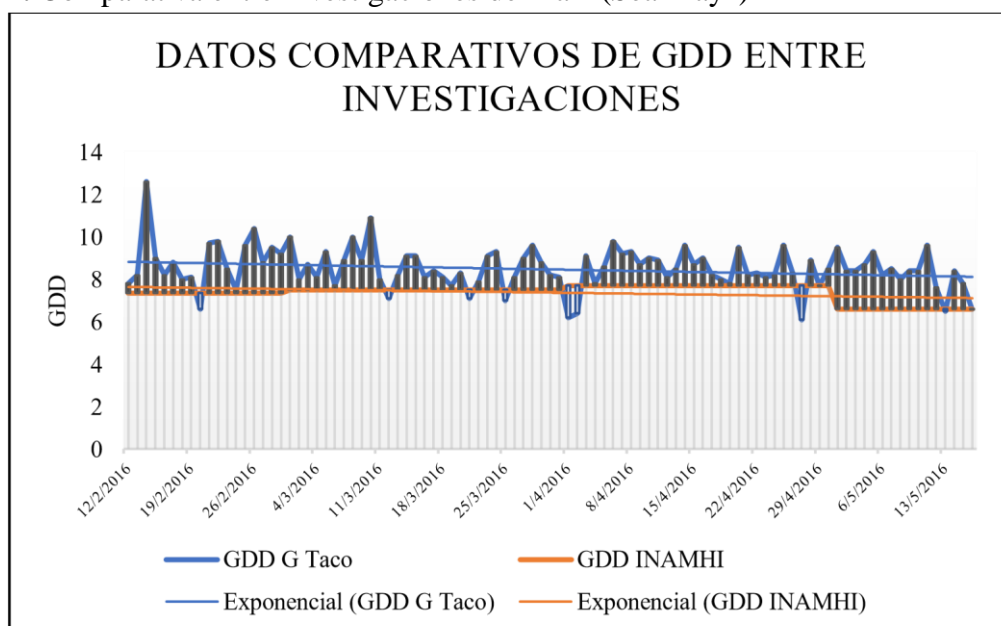
Mediante la investigación realizada por (Taco, 2017) podemos observar que los GDD o UT acumulados con la información obtenida de INAMI fueron de 701.4 hasta floración, con un promedio diario de 7.38 GDD.

En esta investigación se determinó las UT por fase fenológica, con una acumulación de 73.5 UT en emergencia, 449.5 UT en desarrollo vegetativo y en floración fueron 701.4 UT.

Los resultados obtenidos no entran en los parámetros puestos por (Arista-Cortes et al., 2018) que indica que los GDD o UT tiene un rango de 800 a 1696 UT. Esto se debe que esta variedad de maíz es de ciclo corto, pero al final de su ciclo fisiológico si cumplirá los GDD necesarios.

Dado este resultado, demuestra una diferencia de 226.4 UT, lo cual se debe que en la investigación de Gladis taco utilizo las temperaturas medias, en cambio en mi investigación se utilizaron los umbrales (máximos y mínimos), dado que esto requiere la formula dicha por Mancera (2011), por lo mismo se obtiene resultados más certeros.

Figura 4. Comparativa entre investigaciones de Maíz (Sea Mayz)



Elaborado por: Mateo Pazuña

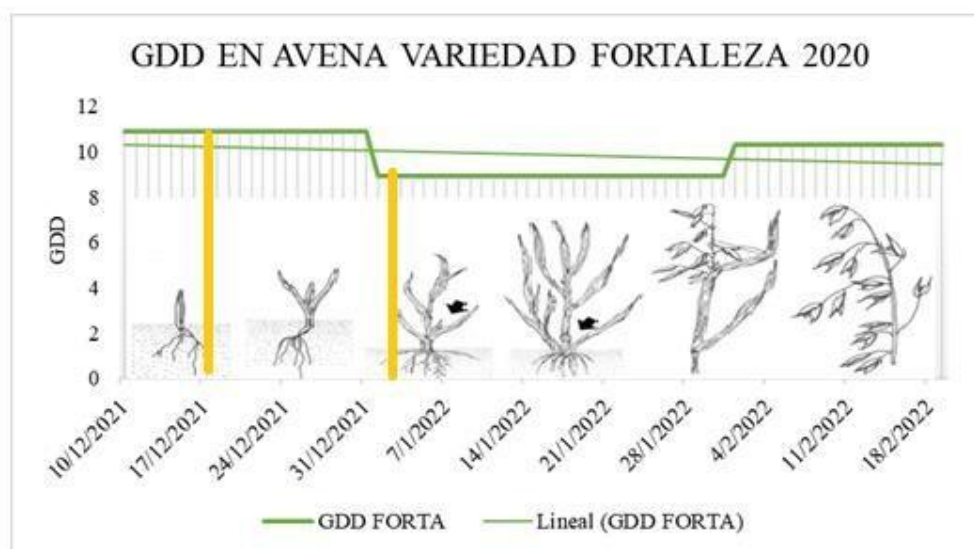
El gráfico comparativo entre las investigaciones de maíz, demuestra que la investigación de Gladis Taco tiene como sumatoria de 809 GDD hasta llegar a floración, por otro lado, mi investigación indica que al llegar a floración se obtuvieron 701.4 GDD.

La investigación de Gladis Taco (**línea azul**) muestra una variabilidad más pronunciada en los valores diarios de GDD, con fluctuaciones significativas a lo largo del tiempo. Se observan picos que superan los 12 GDD en ciertos días, por otro lado, mi investigación (**línea naranja**)

presenta una tendencia más estable, con menor oscilación. Esto se debe a diferencias en la metodología de cálculo, en la selección de temperaturas base y umbral, y en la calidad de los datos meteorológicos utilizados.

Se evidencia que hay una discrepancia de 108.3 GDD o UT entre la investigación de Gladis Taco y mi investigación con datos del INAMHI.

Figura 5. GDD en Avena, Variedad Fortaleza 2020 año 2021 - 2022



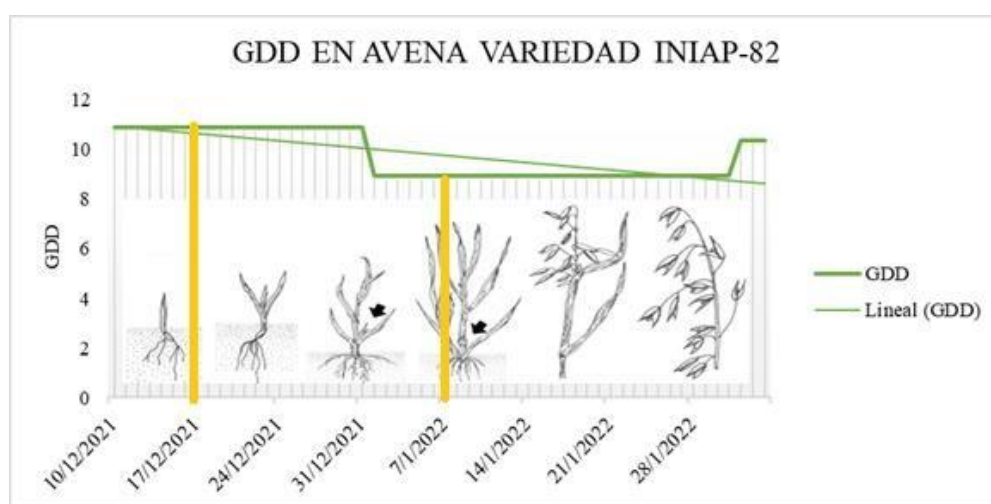
Elaborado por: Mateo Pazuña

Mediante esta grafica podemos observar que los GDD acumulados fueron de 710.3 hasta panojamiento, con un promedio diario de 9.86 GDD, esto puede variar de acuerdo en el mes se cultivó.

Gracias a esta investigación se logró determinar las UT por fase fenológica, con una acumulación de 86.8 UT en emergencia, 336.6 UT en desarrollo vegetativo y en panojamiento fueron 710.3.

Los resultados obtenidos no entran en los parámetros puestos por (Avena, 2018) el cual indica que al llegar a pajonamiento se necesitan 1016.1 UT, cabe recalcar que la investigación de (Avena, 2018) se realizó a 3920 msnm, y esto influye directamente en la acumulación de UT o GDD, ya que a mayor altura, aumenta el umbral de temperatura.

Figura 6. GDD en Avena, Variedad INIAP-82



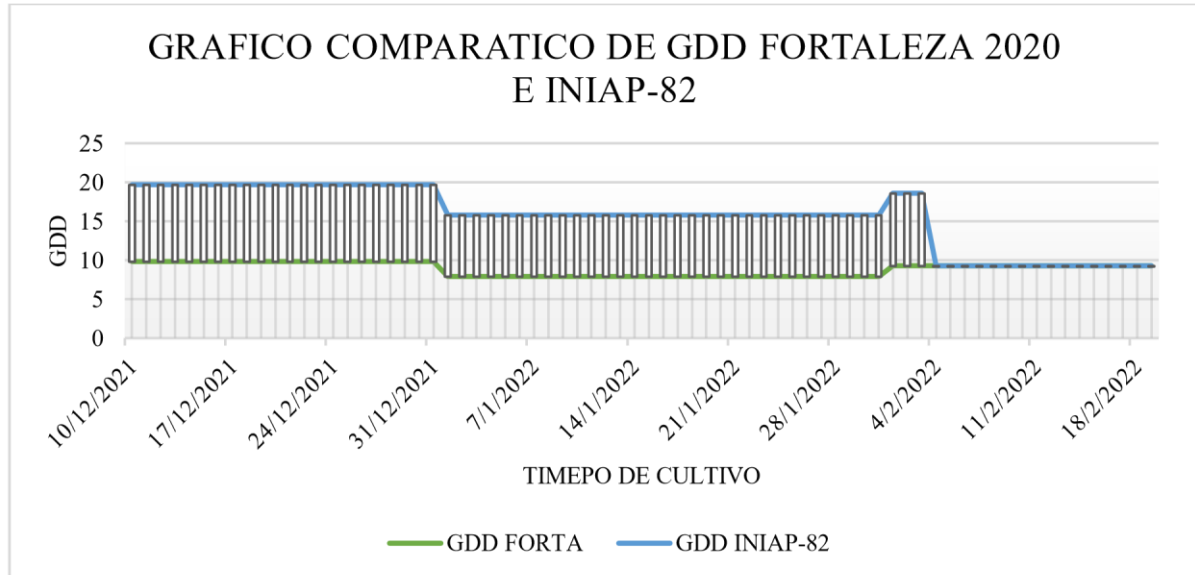
Elaborado por: Mateo Pazuña

Mediante esta grafica podemos observar que los GDD acumulados fueron de 545.5, con un promedio diario de 9.74 GDD, esto puede variar de acuerdo en el mes se cultivó.

Gracias a esta investigación se logró determinar las UT por fase fenológica, con una acumulación de 75.95 UT en emergencia, 309.9 UT en desarrollo vegetativo y en panojamiento fueron 545.5 UT.

Los resultados obtenidos no entran en los parámetros puestos por (Avena, 2018) el cual indica que al llegar a pajonamiento se necesitan 545.5 UT, cabe recalcar que la investigación de (Avena, 2018) se realizó a 3920 msnm, y esto influye directamente en la acumulación de UT o GDD, ya que a mayor altura, aumenta el umbral de temperatura.

Figura 7. Comparativo entre variedades de avena FORTALEZA 2020 e INIAP - 82



Elaborado por: Mateo Pazuña

El gráfico comparativo entre las variedades de avena, Fortaleza 2020 con INIAP-82, demuestra que la variedad INIAP-82 es precoz, por otro lado, FORTALEZA 2020 es tardía por ello esta mismo se demora más en llegar a panojamiento.

Se puede evidenciar que hay un contraste de 16 días para llegar a panojamiento, con una diferencia de 164.8 UT.

13. Conclusiones

- Se logró calcular los grados días de desarrollo (GDD) de las fases fenológicas del maíz (*Zea mays*) y la avena (*Avena sativa*) en el contexto del proyecto INIAP-UTC. Estos cálculos permiten entender mejor la relación entre las condiciones climáticas y el rendimiento de estos cultivos, facilitando la planificación de siembras y cosechas más adecuadas en función de las temperaturas registradas
- El análisis de las tendencias de acumulación de GDD revela que las fluctuaciones en la temperatura impactan significativamente el ciclo de crecimiento de los cultivos de maíz y avena. Esto indica la necesidad de ajustar las estrategias agrícolas ante las variaciones climáticas, mejorando la previsibilidad del rendimiento de estos cultivos y, por ende, contribuyendo a la seguridad alimentaria,

14. Recomendaciones

- Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales que analicen no solo los GDD, sino también otros factores climáticos y edáficos que puedan afectar la producción de

cereales. Esto ayudará a desarrollar un enfoque más holístico para la planificación agrícola en la región.

- Es fundamental implementar programas de capacitación para los agricultores en el uso de herramientas y datos relacionados con los GDD, así como sobre prácticas agrícolas sostenibles que se adapten a las condiciones climáticas cambiantes, promoviendo así la resiliencia en sus cultivos.
- Se sugiere fomentar la adopción de tecnologías agrícolas innovadoras que faciliten el monitoreo de las condiciones climáticas y el cálculo de GDD, como aplicaciones móviles y plataformas de datos climáticos, para que los agricultores puedan tomar decisiones más informadas sobre las fechas de siembra y cosecha

15. Bibliografías

Amaris, C. y Quiros, J. (1996). *Épocas de siembra para el cultivo de maíz de clima medio*.

Angel. (2016). The U2U corn Growing Degree Day tool: Tracking corn growth across the US Corn Belt. *Climate Risk Management*, 173.

Argenta, J. (2019). *Características morfológicas, anatómicas e químicas associadas à resistência ao acamamento em Avena sativa*
a. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/233192>

Avena Forrajera FICHA TÉCNICA AGROCLIMÁTICA Avena sativa L. 3. Mapa de aptitud climática. (n.d.). <https://hdl.handle.net/20.500.12542/272>

Bach, A., Moazzam, M., Agata, P., & Kedra, M. (2000). Light effects on ornamental microplant shoots and bulbs quality. *Acta Horticulturae*, 173.

Castañeda, M., & Barrios, L. (2020). Evaluación del impacto de los grados días de desarrollo en el maíz andino. *Revista de Agricultura Sostenible*, 14(3), 55-68.
<https://doi.org/10.1234/revsusag.2020.005>

Centro de investigación y transferencia de riego. (2009). Retrieved from

http://www.sepor.cvinformacion_cartillas/S203_Cartilla_Registros_agroclimaticos_grad_dia.Pdf

Cerdas, R. (2012). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica.

InterSedes; Vol. 12, Núm. 24 (2011).

<https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/20350>

CEREALES. *Colección Académica. Editorial UPV*. Colección Académica.

Editorial UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/72016>

CIMMYT, C. I. (2004). *Etapas de crecimiento de maíz*.

Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria. Actualidades Corpoica.

Fainstein. (2013). Manual para el cultivo de rosas en latinoamérica. *Ecuaoffset*.

FAO. (2002). Recuperado el Viernes de Noviembre del 2024, de

<http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s0e.htm#TopOfPage>

FENOLÓGICOS. *Tesis Ingeniero Agrónomo*. Universidad de la Sabana,

Colombia

Frías, J. C. M. (2012, noviembre 26). *Propagación y técnicas de cultivo de la avena en*

grano (Avena sativa). Revista

Vinculando.

<https://vinculando.org/mercado/agroindustria/propagacion-y-tecnicas-decultivo-de-la-avena-en-grano-avena-sativa.html>

García, P., & Hernández, R. (2018). Influencia de los GDD en la productividad del trigo en

zonas de altura. *Agronomía Andina*, 11(4), 45-60.

<https://doi.org/10.1234/agronandina.2018.004>

Guzmán, A., López, D., & Peña, F. (2019). Planificación agrícola basada en grados días de desarrollo: un enfoque para la mejora del rendimiento del maíz. *Boletín de Climatología Agrícola*, 23(1), 12-25. <https://doi.org/10.1234/boletinclim.2019.001>

Holen, C., & Dexter, A. (1996). *A growing degree day equation for early sugarbeet leaf stages. Sugarbeet Research and Extension Reports*. Retrieved from <https://ndawn.ndsu.nodak.edu/help-sugarbeet-growing-degree-days.html>
Horticulturae, 65.

Hoyos, D., Morales, J., Chavarria, H., Montoya, A., Correa, G., & Jaramillo, S. (2012). Acumulacion de grados dia en un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L). En un modelo de produccion Aeroponico. *Revista Facultad Nacional de Agronomia.*, 638.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5973>

INAMHI. (2016, Abril). *Modelos Numéricos*. Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/modelos-hidrometeorologicos/#>

INEC. (2015). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Infante, P. (2010). Determinación y efecto del tiempo térmico sobre el comportamiento fisiológico de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) . *Trabajo de grado - Maestría*. Universidad Nacional de Colombia.

INIAP, I. N. (2011). *Manejo integrado del cultivo del maíz suave*.

Inifap. (2010, Agosto). *Reporte Agrometereológico*. Retrieved from <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/folleto/Folleto-2010-08.pdf>

Lluch, O., & María, J. (2013, febrero 12). CULTIVOS HERBÁCEOS

EXTENSIVOS:

- Mancera, L. (2011).). ANALISIS DEL DESARROLLO DEL MINICLAVEL Y DE SU PRODUCTIVIDAD CON BASE EN EL MÉTODO DE GRADOS DIA Y EL DESCABECE EN DIFERENTES ESTADOS
- Mariscal, L. A., Huerta Espino, J., Villaseñor Mir, H. E., Leyva Mir, S. G., Sandoval Islas, J. S., & Benítez Riquelme, I. (2011). Selección de genotipos de avena para la identificación de razas de roya del tallo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(4), 593-600.
- Martínez, O., Quintero, E., & Solano, A. (2021). Cambio climático y sus efectos en los grados días de desarrollo de los cultivos de cereales. *Revista Internacional de Agroclimatología*, 29(3), 105-120. <https://doi.org/10.1234/rintagroclim.2021.003>
- Monroy, N., Perez, & Cure, J. (2014). Estudio de la variabilidad en el clima y la producción de rosas en la sabana de Bogotá. *Revista Universidad de los Andes*.
- Navarro, R., Villar-Salvador, P., & Del Campo, A. (2006). *Morfología y establecimiento de los plantones* (pp. 67-88).
- Ortas, A. (2008). *El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales*.
- Parker, R. (2010). La Ciencia de las Plantas. *Parainfo*.
- Pattini, A. E. (2008). Impreso en la Argentina. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12.
https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/94685/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pavieri. (2017). Características de las variedades de las rosas. *El entrevistador*.
- Perez, I., Cure, J., & Monroy, N. (2001). Estudio de la variabilidad en el clima y la producción de rosa en la sabana de Bogotá. *Revista de Ingeniería*.

- Ponce, L., Campaña, D. F., Noroña, P., & Garófalo, J. (2020). *Actividades de Investigación en Cereales Año 2019*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2020. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5588>
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña Cruz, D. F., & Noroña, P. (2019). *Parámetros de evaluación y selección en cereales*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2019. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Ponce, L., Garófalo, J., Noroña, P., & Campaña, D. (2021). *Actividades de Investigación en Cereales Año 2020*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2021.
- PROECUADOR. (2017, Julio). Retrieved from <https://www.proecuador.gob.ec/ficha-de-rosas-preservadas/>
- Ramírez, F., & Davenport, T. (2010). Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia*
- Ramos, F. (2013). *Maíz, trigo y arroz: Los cereales que alimentan al mundo* (5; Número 5).
- Revelo, M. (2006). *Proyecto de prefactibilidad para la comercialización de maíz*.
- Ritchie, H., & Hanway, R. (1982). *Jornada de manejo sustentable del cultivo del maíz*.
- Rodríguez, L., Vega, J., & Chávez, T. (2023). Adaptación de la agricultura de cereales a la variabilidad térmica en los Andes. *Investigación Agrícola Andina*, 17(2), 67-80. <https://doi.org/10.1234/invagroandina.2023.002>
- Rodriguez. (2013). Aprendamos el concepto, uso y cálculo de los grados días. *Revista Digital INESEM*.

Romero, C. (1983). *Revision taxonomica de las avenas perennes (generos arrhenatherum, pseudarrhenatherum, helictotrichon y avenula) en la peninsula iberica y baleares* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Sevilla].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=263276>

Salazar, M., & Ortiz, N. (2019). Políticas públicas y tecnología agrícola basada en GDD para mejorar la productividad. *Revista de Políticas Agrícolas*, 9(1), 98-113. <https://doi.org/10.1234/polagricolas.2019.001>

Salazar-Gutierrez, M. R., Johnson, J., Chaves-Cordoba, B., & Hoogenboom, G. (2013). Relationship of base temperature to development of winter wheat. In *International Journal of Plant Production* (Vol. 7, Issue 4). www.ijpp.info

SENAMHI, S. N. (2011). *Manual de obsevaciones fenologicas*. Peru.

Tubon, A. A. (2022). *Producción y calidad nutritiva de avena (Arrenatherium elatius) de corte e hidropónica bajo el efecto de dosis de siembra y tiempo de cosecha* [bachelorThesis].

<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/34647>

UNAVARRA. (2005). Herbario de la Universidad Pública de Navarra. Obtenido de https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Zea_mays_p.htm

Unidad, I. I., Taxonomía, 001:, & De grano, B. y. F. de L. C. (s/f). *Serie Lecturas Obligatorias*. Wordpress.com. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/unidad-iitaxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://cienciaatualcance.uanl.mx/>

- Universidad de California (2005). Estudio de la variabilidad en el clima y la producción de rosa en la sabana de Bogotá. *Revista de Ingeniería*, 58.
- Universidad de California. (2017). *How to manage pests Degree-Days*. Retrieved from <http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/ddconcepts.html>
- World Meteorology Organization [WMO]. 1993. Practical use of meteorological data and information for planning and operational activities in agriculture. World Meteorology Organization. Publication No 60. Geneve.
- Yzarra, W., & López, F. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Universidad Nacional abierta a distancia. Colombia: Cultivos tropicales.
- Zambrano, J., & Pérez, A. (2022). Prácticas agrícolas sostenibles y optimización de los grados días de desarrollo. *Revista de Innovación Agraria*, 5(1), 33-47. <https://doi.org/10.1234/revinnagri.2022.001>
- Arista-Cortes, J., Quevedo Nolasco, A., Zamora Morales, B. P., Bauer Mengelberg, R., Sonder, K., & Lugo Espinosa, O. (2018). Temperaturas base y grados días desarrollo de 10 accesiones de maíz de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1023–1033. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1507>
- Avena, L. (2018). *Avena Forrajera FICHA TÉCNICA AGROCLIMÁTICA Avena sativa L. 3. Mapa de aptitud climática*. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/272>
- Chavez, A., Guillén, W., & Escobal, F. (2022). *Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 1*, 238. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5889>
- Gustabo, F. (1984). *INIAP-82: nueva variedad de avena de doble propósito*. Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales, 1984. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/232>

- Jiménez, C., Coronel, J., Garófalo, J., Ponce, L., Cárdenas, A., Ochoa, M., Rodríguez, L., Bravo, C., Garzón, J., Noroña, P., Campaña, D., & Muñoz, R. (2020). Nueva variedad de avena de doble propósito para la Sierra Sur ecuatoriana INIAP Fortaleza 2020. In *INIAP (Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, EC)*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5732>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). (2009). Manual de observaciones fenológicas. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Del Perú*, 99.
<https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/272>
- Taco, G. del C. (2017). DETERMINACIÓN DE GRADOS DÍAS DESARROLLO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI]. In *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN*. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Arable. (s.f.). *Una guía para los grados día de crecimiento (GDD)*. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://www.arable.com/blog/una-guia-para-los-grados-dia-decrecimiento-gdd-vinculando-la-temperatura-y-las-etapas-de-crecimiento-de-los-cultivos/>
- Banco Mundial. (2022). *Producción de cereales (toneladas métricas)*. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.PRD.CREL.MT>
- Hilegario, J. (2016). *Rendimiento del cultivo de avena en Ecuador*. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15433/2/03%20AGP%20402%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2023). *Memorias I Congreso Semillas Andinas*. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6108/1/Memorias%20I%20Congreso%20Semillas%20Andinas%202023.pdf>

