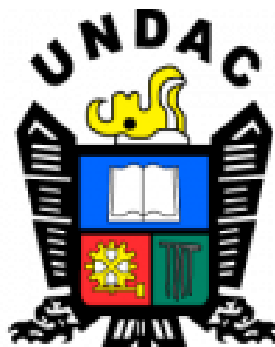


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto del tiempo de secado solar en la concentración de ácido cianhídrico  
en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco,  
en Oxapampa**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autor:**

**Bach. Aylin Helen GONZALES PURIS**

**Asesor:**

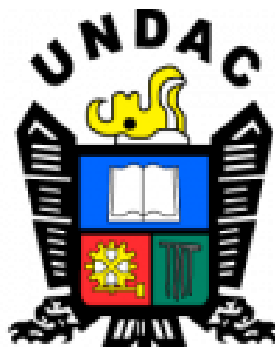
**Mg. Ladislao Cesar ROMERO RIVAS**

**Oxapampa – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto del tiempo de secado solar en la concentración de ácido cianhídrico  
en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco,  
en Oxapampa**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**MSc. Adelmo PARRAGA QUINTANILLA**

**PRESIDENTE**

---

**Dr. Javier Justo GONZALES ARTEAGA**

**MIEMBRO**

---

**MSc. Gilmar Hugo LÓPEZ ALEGRE**

**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

## INFORME DE ORIGINALIDAD N° 085-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**GONZALES PURIS, Aylín Helen**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía – Oxapampa**

Tipo de trabajo  
**Tesis**

**Efecto del tiempo de secado solar en la concentración de Ácido cianhídrico en Raíces de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) Ecotipos Amarillo y Blanco, en Oxapampa**

Asesor  
**Mg. ROMERO RIVAS, Ladislao Cesar**

Índice de similitud  
**3 %**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 24 de setiembre de 2024



Firmado digitalmente por HUANES  
TOVAR Luis Antonio FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 24.09.2024 17:43:56 -05:00

Firma Digital  
Director UIFCCAA

c.c. Archivo  
LHT/UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

**A Dios,**

por guiar mi camino...

**A mis padres,**

por su apoyo constante y sobre todo por sus buenos consejos...

**A mis hermanos,**

por ser mi fortaleza...

**A mis abuelos,**

por sus consejos y hacer de mí una mejor persona...

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios,**

porque gracias a él hoy puedo decir que soy una profesional...

**A mis amigos,**

por su apoyo, comprensión y consejos...

**A mis docentes,**

porque fueron formándome como profesional durante estos últimos 5 años de estudio académico...

**A mi asesor,**

por su apoyo y paciencia...

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de ácido cianhídrico tras el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa. La investigación se ejecutó en el laboratorio de química de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión filial Oxapampa; el diseño utilizado fue Completamente Aleatorio con arreglo factorial 2 x 4 con 4 repeticiones y los datos fueron procesados con el software Infostat. Para el tratamiento de todas las muestras se inició con el reposo por 24 horas, seguidamente la destilación y se finalizó con la titulación alcalina. El ecotipo amarillo presento 2.67 mg de HCN por cada 100 g y el ecotipo blanco presento 2.53 mg de HCN por cada 100 g de arracacha; resultando ser cultivos cianogénicos, pero no tóxicos. Por otro lado, el tratamiento de secado al sol en diferentes periodos de tiempo no resultó significativo para la disminución de la concentración de HCN de los ecotipos estudiados bajo condiciones de Oxapampa.

**Palabras clave:** Ácido cianhídrico – HCN, Titulación alcalina, Cianuro – CN

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the concentration of hydrocyanic acid after the effect of sun drying time in the roots of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) yellow and white ecotype from the Pozuzo – Oxapampa district. The research was carried out in the chemistry laboratory of the Daniel Alcides Carrión National University, Oxapampa branch; The design used was Completely Random with a 2 x 4 factorial arrangement with 4 repetitions and the data were processed with the Infostat software. For the treatment of all samples, resting for 24 hours began, followed by distillation and ending with alkaline titration. The yellow ecotype presented 2.67 mg of HCN per 100 g and the white ecotype presented 2.53 mg of HCN per 100 g of arracacha; turning out to be cyanogenic cultures, but not toxic. On the other hand, the sun drying treatment in different periods of time was not significant for the decrease in the HCN concentration of the ecotypes studied under Oxapampa conditions.

**Keywords:** Hydrocyanic acid – HCN, Alkaline titration, Cyanide – CN

## INTRODUCCIÓN

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es un cultivo con alto valor nutricional lo cual lo convierte en una despensa alimentaria básica para las personas además de ser sugerido en la dieta alimenticia de niños, ancianos y convalecientes; el ecotipo amarillo es el más común y el más cultivado debido a su elevado rendimiento y producción, además de ser robusta y resistente a las condiciones climáticas; por otro lado el ecotipo blanco es la que más demanda tiene debido a su exquisito sabor, textura suave y precocidad.

No obstante, (Turpo, 2015) demostró que la arracacha tiene una concentración promedio de 52.46 mg de ácido cianhídrico (HCN) por cada 100 g de muestra fresca; además (Molina, 2014) mencionó que una planta se considera cianogénica cuando su contenido es igual o mayor a 1 mg de HCN por 100 g de planta fresca y para que presente toxicidad por cianuro su concentración debe ser de 20 mg/100 g de planta.

Según ha indicado el ingeniero, En la provincia de Oxapampa se cultiva arracacha de manera extensiva, teniendo en cuenta que dicho producto no se siembra en los distritos de Constitución, Puerto Bermúdez y Palcazú por sus condiciones agroclimáticas no favorables para su desarrollo (E, Jara., comunicación personal, 12 de octubre de 2023).

Conocer la concentración de ácido cianhídrico en las raíces de arracacha actualmente es una investigación importante, ya que por lo expuesto se busca disminuir la concentración de HCN en las raíces de arracacha mediante la técnica del secado al sol para garantizar el consumo seguro de la población y a la vez proporcionar un tratamiento accesible y fácil para el agricultor. Garantizar la seguridad alimentaria es nuestra prioridad.



## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1.	Delimitación espacial .....	2
1.2.2.	Delimitación temporal .....	3
1.2.3.	Delimitación poblacional.....	3
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general .....	3
1.3.2.	Problemas específicos .....	3
1.4.	Formulación de objetivos .....	3
1.4.1.	Objetivo general .....	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.5.1.	Justificación teórica.....	4

1.5.2.	Justificación metodológica .....	4
1.5.3.	Justificación practica .....	4
1.5.4.	Justificación legal .....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	5

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes del estudio .....	6
2.2.	Bases teóricas – científicas .....	10
2.2.1.	Arracacha.....	10
2.2.2.	Glucósidos cianogénicos .....	10
2.2.3.	Disminución de HCN .....	12
2.3.	Definición de términos básicos .....	13
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	14
2.4.1.	Hipótesis general .....	14
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	15
2.5.	Identificación de variables.....	16
2.5.1.	Variables independientes.....	16
2.5.2.	Tiempo de secado al sol .....	16
2.5.3.	Variables dependientes .....	16
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	16

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	17
3.2.	Nivel de investigación .....	17
3.3.	Métodos de investigación .....	17

3.4.	Diseño de investigación.....	18
3.4.1.	Modelo aditivo lineal.....	18
3.4.2.	Factores de estudio .....	18
3.4.3.	Tratamientos .....	19
3.4.4.	Randomización de tratamientos .....	19
3.5.	Población y muestra .....	20
3.6.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	20
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	21
3.8.	Tratamiento estadístico.....	21
3.9.	Orientación ética, filosófica y epistémica .....	21

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	22
4.1.1.	Ubicación geográfica.....	22
4.1.2.	Recolección de muestras .....	22
4.1.3.	Proceso de tratamiento de muestras .....	23
4.1.4.	Identificación cuantitativa por Titulación Alcalina.....	23
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	24
4.2.1.	Concentración de HCN y CN inicial en muestras frescas.....	24
4.2.2.	Concentración de HCN y CN en muestras expuestas a sol.....	26
4.3.	Prueba de hipótesis .....	33
4.4.	Discusión de resultados .....	35
4.4.1.	Tiempo de secado al sol para reducir la concentración de HCN.....	35
4.4.2.	Concentración de HCN.....	36

### **CONCLUSIONES**

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Definición operacional de variables e indicadores .....	16
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos a evaluar .....	19
<b>Tabla 3.</b> Randomización de tratamientos .....	20
<b>Tabla 4.</b> Concentración de HCN en muestras frescas de arracacha. ....	25
<b>Tabla 5.</b> Concentración de CN en muestras frescas de arracacha. ....	26
<b>Tabla 6.</b> Concentración de HCN en muestras expuestas al sol .....	27
<b>Tabla 7.</b> Concentración de HCN en ecotipos .....	27
<b>Tabla 8.</b> Concentración de HCN de acuerdo al tiempo de secado al sol. ....	28
<b>Tabla 9.</b> Concentraciones de HCN en muestras expuestas al sol .....	29
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza de los tratamientos en la concentración de CN .....	30
<b>Tabla 11.</b> Concentración de CN en ecotipos .....	31
<b>Tabla 12.</b> Concentración de CN de acuerdo al tiempo de secado al sol. ....	32
<b>Tabla 13.</b> Concentraciones de CN en muestras expuestas al sol. ....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Concentración de HCN inicial en mg .....	25
<b>Figura 2.</b> Concentración de CN inicial.....	26
<b>Figura 3.</b> Concentración de HCN con muestras expuestas al sol.....	28
<b>Figura 4.</b> Concentración de HCN de acuerdo al tiempo de secado al sol .....	29
<b>Figura 5.</b> Concentración de HCN en muestras expuestas al sol.....	30
<b>Figura 6.</b> Concentración de CN inicial.....	31
<b>Figura 7.</b> Concentración de CN de acuerdo al tiempo de secado al sol .....	32
<b>Figura 8.</b> Concentración de CN en muestras expuestas al sol.....	33

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La importancia de la arracacha se basa en que si se compara con la papa, esta posee un mayor valor nutricional por su alto contenido de betacaroteno, precursor de la vitamina A, más rica en calcio y hierro, además de ser un excelente antioxidante, fortaleciendo el sistema inmunológico y de fácil digestión (Manrique, 2020 & Ventura, 2007); no obstante, existen investigaciones fuera del país que indican la presencia de cianogénicos glucósidos en la arracacha y en plantas de consumo habitual, que son capaces de liberar cianuro de hidrogeno tras hidrolisis.

Los glucósidos cianogénicos están presentes en algunas plantas y cumplen una función de defensa contra predadores, al hidrolizarse mediante enzimas liberan cianuro de hidrogeno, dicho contenido puede incrementarse por la fertilización nitrogenada o la deficiencia de fosforo en el suelo (Turpo, 2015; Molina, 2014 & Ly, 1998).

Turpo (2015) demostró que los cultivos con mayor concentración de glucósidos cianogénicos son: la pituca (*Colocasia esculenta*) con 54.7 mg/100 g, seguido por la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) con 52.5 mg/100 g y finalmente la yuca (*Manihot esculenta*) con 40.1 mg/100 g, siendo estos tres los que exhiben altas concentraciones de HCN.

En Oxapampa el cultivo y consumo de arracacha es de relativa importancia puesto que suele ser cultivada en la mayoría de los distritos pertenecientes a zona alta, generalmente se cultivan los ecotipos amarillo y blanco, muy similar a las provincias cercanas Chanchamayo y Satipo; al respecto Baltazar et al. (2021) menciona que en la provincia de Satipo el cultivar amarillo-amarillo representa el 50% de la diversidad, que probablemente también represente en la provincia de Oxapampa. Si pretendemos incentivar su consumo por sus características alimenticias, debemos conocer la concentración de HCN de los ecotipos más cultivados.

Actualmente en Oxapampa, se consume arracacha pero no se tiene referencias sobre la concentración de HCN en raíces de los ecotipos, ni de los tratamientos para disminuir su concentración.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El tratamiento de secado al sol durante 0, 3, 6 y 9 días se desarrolló en el distrito y provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.

La determinación de la concentración de ácido cianhídrico del cultivo de arracacha en los ecotipos amarillo y blanco se desarrollaron en el laboratorio de la UNDAC filial – Oxapampa.



### **1.2.2. Delimitación temporal**

El desarrollo del presente estudio se llevó a cabo en el periodo comprendido de enero a diciembre de 2023.

### **1.2.3. Delimitación poblacional**

Las unidades productoras de arracacha ecotipo blanco y ecotipo amarillo de la provincia de Oxapampa - distrito de Pozuzo.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál será la concentración de ácido cianhídrico bajo el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál será el tiempo de secado óptimo para reducir la concentración de ácido cianhídrico en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023?
- ¿Cuál será la concentración de ácido cianhídrico inicial en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la concentración de ácido cianhídrico tras el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el tiempo de secado óptimo para reducir la concentración de ácido cianhídrico en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.
- Determinar la concentración de ácido cianhídrico inicial en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

El desarrollo del presente estudio se justifica en base a los siguientes aspectos:

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Conocer la concentración de HCN en la raíz de arracacha ecotipo amarillo y blanco y su reducción mediante el tiempo secado al sol en un intervalo de 3 días.

##### **1.5.2. Justificación metodológica**

El método empleado es fácil de utilizar y su uso es factible en diferentes contextos.

##### **1.5.3. Justificación práctica**

Los resultados obtenidos en el presente estudio son de gran utilidad para el conocimiento de la sociedad y la ejecución de futuras investigaciones.

##### **1.5.4. Justificación legal**

Los resultados del presente estudio permiten obtener el título profesional de ingeniero agrónomo de conformidad al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

Existen dos métodos principales para la determinación de ácido cianhídrico sin embargo en la presente investigación no se usó la técnica de Guignard por falta de reactivos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

Delange y Ahluwalia (1982) determinaron el alto contenido de cianuro que presenta la yuca en sus raíces, de 5 a 40 mg por cada 100 g de peso en material fresco.

Brito et al. (2000) en estudios experimentales en conejos con plantas cianogénicas demostraron que las hojas de *Piptadenia macrocarpa*, *Piptadenia viridiflora* y *Holocalyx glaziovii*, árboles de la familia de las *Leguminosae*, tras su almacenaje y secado bajo sombra, estas especies pierden toxicidad con el tiempo; *P. macrocarpa* después de los 6 meses de almacenamiento ya no es tóxico, *P. viridiflora* y *H. glaziovii* pierden la mitad de su toxicidad al año de almacenamiento.

Giraldo et al. (2006) evaluaron técnicas eficientes para la disminución de ácido cianhídrico en las hojas de yuca, como la deshidratación artificial, la cocción en agua, o el secado solar y así poder obtener harina; habitualmente el secado solar presenta menores concentraciones de cianuro, sin embargo, el

secado artificial por debajo de 60 °C o por cocción en agua aseguran la eliminación efectiva de HCN.

Arrázola et al. (2013) determinaron y cuantificaron compuestos cianogénicos, amigdalina y prunasina en semilla de almendra (*Prunus dulcis*), mediante técnica de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), a través de sistemas extractantes como: agua-metanol 100 %, metanol-agua 80:20, metanol-agua 50:50, acetonitrilo-agua 20:80 y extracción Soxhlet con metanol al 100 %; siendo el metanol al 100 % el sistema de extracción más eficiente.

Arrázola et al. (2014) clasificaron 29 variedades de almendras de acuerdo a su concentración de glucósidos cianogénicos como la amigdalina y prunasina en dos grupos, las amargas y las no amargas, en donde mediante cromatografía líquida de alta resolución, las almendras amargas presentan en promedio 2400 mg a 5900 mg de amigdalina por cada 100 g de muestra; mientras que las almendras no amargas 20 mg de amigdalina por cada 100 g de muestra.

Cruz et al. (2014) cuantificaron los glucósidos cianogénicos en plantas de consumo habitual a través de dos métodos, los cuales son: la reacción de Guignard y la titulación alcalina; para la reacción de Guignard se emplearon muestras pertenecientes a la familia *Rosacea* en la que las semillas de almendra y uva roja resultaron negativas porque no se observó ningún cambio en la banda de papel impregnada con ácido pícrico y carbonato de sodio; para la titulación alcalina se utilizaron muestras de yuca y sorgo, resultando poco probable su intoxicación en personas.

Molina (2014) determinó el contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.), mediante dos técnicas: la titulación alcalina, el cual es el método oficial 915.03 de la AOAC (Association

of Oficial Agricultural Chemists), empleando la ecuación  $1 \text{ ml AgNO}_3 = 1.08 \text{ mg HCN}$  y el método cualitativo que se basa en el ensayo de Magnin; en el que se evaluaron el secado bajo distintas temperaturas, siendo la temperatura de secado de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , el mejor tratamiento para reducir la concentración de HCN de los residuos de uvilla y de esa manera elaborar té sin presentar riesgos para el consumidor.

Turpo (2015) cuantificó mediante método cualitativo y cuantitativo los compuestos cianogénicos en vegetales comestibles tales como cereales, drupas y tubérculos en beneficio de la salud de las personas; en el cual se determinó la concentración de HCN del tubérculo Walusa (*Colocasia esculenta*) con  $54.7 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , seguido por la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) con  $52.5 \text{ mg}/100 \text{ g}$  y finalmente por la yuca (*Manihot esculenta*) con  $40.1 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , por lo que se consideran productos tóxicos.

Nivetha et al. (2018) pretendieron reducir factores anti nutricionales de la linaza, como los fenólicos, taninos y glucósidos cianogénicos mediante procesos de remojo, tostado, fermentación y uso de bacterias; en donde el mayor porcentaje de disminución de glucósidos cianogénicos se observó con la inoculación de *L. acidophilus* con un  $65 \%$  y *B. mesentericus* con  $58 \%$ , mejorando la calidad nutricional de la linaza.

Castro et al. (2021) evaluaron el efecto del procesamiento tecnificado de productos derivados de la yuca, con concentraciones de  $0.263 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  y  $0.230 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de INIAP Portoviejo 650 e INIAP Portoviejo 651 respectivamente, demostrando que el procesamiento tecnificado reduce el  $86 \%$  de glucósidos cianogénicos, obteniendo un producto apto para el consumo humano.

Gutiérrez et al. (2021) evaluaron dos cultivares de pituca (*Xanthosoma sagittifolium* y *Colocasia esculenta*) analizándolas mediante tratamiento térmico y evaluaron su efecto en ratones, mediante la preparación de pellets en base a harina de pituca cruda, pituca cocida y harina de trigo; en donde los niveles de HCN disminuyen significativamente después de los 20 minutos de cocción.

Murgueitio et al. (2022) evaluaron el contenido de compuestos cianogénicos en la cascara y pulpa de productos derivados de la yuca como el almidón, primero determinaron cuantitativamente ácido cianhídrico por titulación alcalina, luego determinaron cualitativamente la linamarina mediante el método propuesto por Sornyotha en el año 2007, seguidamente paso por un proceso de sedimentación para finalmente aplicar el secado a diferentes temperaturas 50, 60 y 80 °C.; llegando a la conclusión de que mediante el despulpado se puede eliminar mayor concentración de HCN, y de la misma manera se recomienda el secado a 60 °C por 3 horas.

Esteves et al. (2023) mediante tamizaje fitoquímico demostraron la presencia de glucósidos cianogénicos en la ortiga con un valor de 2.51 mg de HCN/100 g de peso fresco, resultando no tóxico, sin embargo, se recomendó evitar el consumo ya que este compuesto se elimina con el calor; además, las hojas intactas mantienen su toxicidad hasta por 30 días y las hojas molidas hasta por 3 días.

Sarmiento (s.f.) identificó y evaluó glucósidos cianogénicos del extracto de hoja de Laurel Cerezo mediante técnica cualitativa de Grignard y técnica cuantitativa de titulación alcalina, en el que cada milímetro (ml) de nitrato de plata consumido equivale a 0.00162 g de HCN.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Arracacha**

La arracacha es una especie nativa, andina y domesticada en el Perú, su nombre común presenta diversas variaciones como: racacha en Arequipa, Puno y Tacna; virracacha en Cuzco y Apurímac; ricacha en Amazonas y Cajamarca; cultivándose desde los 1000 a 2500 msnm, de preferencia en lugares donde las precipitaciones sean mayores a los 1000 mm<sup>3</sup> (Palacios et al., 2011). El ecotipo amarillo es el más común y el más cultivado, porque tiene un elevado rendimiento en función del número de raíces por planta, además de ser la más robusta y resistente a las condiciones climáticas, sin embargo, el ecotipo blanco es el de mejor demanda, debido a su exquisito sabor, textura suave y por su precocidad (Ventura, 2007). La arracacha en estado fresco suele ser altamente perecible por lo que solo se puede conservar hasta 10 días (Narro, 2021). Su importancia en la alimentación se debe a la fácil digestión de sus almidones, su alto contenido de calcio, fósforo, hierro, niacina, vitamina A, piridoxina-B6, riboflavina-B2, ácido ascórbico, proteínas, fibras y carbohidratos, características que le otorgan un gran potencial; dado su valor nutricional su consumo es sugerido en la dieta de niños, ancianos y convalecientes, sin embargo la arracacha es considerada una planta cianogénica ya que posee aproximadamente 52.5 mg de HCN/100 g de muestra, lo que la convierte en un cultivo tóxico para las personas (Turpo, 2015).

### **2.2.2. Glucósidos cianogénicos**

Los principales glucósidos cianogénicos del cultivo de arracacha están compuestos por la linamarina con 85 a 90 % y la lotaustralina con un 10 a 15 %, se encuentran presentes en todos los órganos de la planta, sin embargo, su



distribución no es homogénea ya que se localizan principalmente en la corteza de la raíz y las hojas (Ly, 1998).

En la planta los glucósidos cianogénicos cumplen funciones de defensa contra predadores, estos pueden elevarse a causa de la fertilización nitrogenada, déficit hídrico en el suelo o deficiencia de fosforo (Ly, 1998 & Turpo, 2015).

Los glucósidos (linamarina y lotaustralina) y la enzima (linamarasa) se hallan físicamente separados en los tejidos de las plantas cianofóricas, encontrándose el primero en la epidermis foliar y la segunda en el mesófilo ello restringe su contacto y normalmente no se encuentra HCN (Turpo, 2015). Los glucósidos cianogénicos deben ser hidrolizados para convertirse en tóxicos (Molina, 2014). El ácido cianhídrico liberado es uno de los productos finales de la degradación enzimática de los glucósidos cianogénicos, (Ly, 1998).

Para que una planta se considere cianogénica, su contenido de HCN debe ser mínimo de 1 mg de HCN por 100 g y para que presente toxicidad por cianuro, el contenido de HCN debe ser de 20 mg/100 g de muestra (Molina, 2014). La dosis letal mínima de ácido cianhídrico es de 60 ppm, aunque la intoxicación es poco frecuente, el consumo prolongado de pequeños niveles puede originar problemas nutricionales y fisiológicos serios (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El cianuro se encuentra ampliamente distribuido en las plantas en forma de glucósidos, intermediarios en la biosíntesis de algunos aminoácidos, a una concentración menor a 100 ppm. (Turpo, 2015). El cianuro en micro cantidades es un compuesto indispensable para la dieta humana (Ramírez, 2010). Sin embargo, al picar las raíces, la proporción de cianuro se eleva rápidamente a rangos de 30 a 40 % del cianuro total y 10 a 15 % del cianuro libre, que pueden

ser observados en la cascara o en la pulpa en un análisis por separado (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El contenido de ácido cianhídrico se puede determinar por distintos métodos, uno de los más comunes es el de la Reacción de Guignard, en la cual el ácido cianhídrico en presencia de picrato de sodio da un isopicrato de color rojo (Ly, 1998 & Cruz et al., 2014). Sin embargo, el método oficial para determinación de HCN es la titulación alcalina, la cual consiste en la hidrolisis de los nitrilos que conduce a la formación inicial de una amida y luego a ácido carbónico, en este caso desprende amoniaco como producto secundario, dicha reacción puede ocurrir en medio ácido o medio básico (Cruz et al., 2014).

### **2.2.3. Disminución de HCN**

El ácido cianhídrico es un líquido incoloro muy tóxico y con un olor a almendras amargas, de peso molecular 27.0253 g / mol, es más ligero que el aire disipándose rápidamente a los 25.6 °C. Sin embargo, su hidrolización a amonio es lenta (Beiruty et al., 2020).

Ly (1998, como se citó en Tewe 1992) mencionó algunas técnicas para disminuir HCN: la primera técnica consiste en pelar las raíces, porque los glucósidos se concentran principalmente en la corteza; la segunda técnica consiste en el secado al sol; la tercera técnica consiste en la cocción en agua; y la cuarta técnica consiste en un remojo prolongado de las raíces en agua seguida por el secado al sol, con el propósito de primero efectuar la ruptura del parénquima, logrando eliminar hasta el 98.6 % del cianuro originalmente presente en las muestras. De la misma manera, Aristizábal y Sánchez (2007) confirmaron que el método de deshidratación natural por acción de los rayos solares es eficiente, ya que actúa sin afectar la acción de la linamarasa, a temperaturas entre 30 a 40 °C.

Murgueitio et al. (2022) emplearon la técnica que se basa en el proceso de sedimentación y luego el secado a diferentes temperaturas (50, 60 y 80 °C) en determinados tiempos (horas), en donde la disminución de HCN raíces de yuca se obtuvo secando a 60 °C por 3 horas. Otra de las técnicas para reducir HCN en plantas cianogénicas además del remojo, es el tostado, fermentación y uso de bacterias como *L. acidophilus* y *B. mesentericus* (Nivetha et al., 2018).

### 2.3. Definición de términos básicos

- Titulación alcalina: método oficial cuantitativa 915.03 de la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), para la determinación de HCN y CN, mediante el uso de hidróxido de sodio, yoduro de potasio, hidróxido de amonio y nitrato de plata (Molina, 2014).
- Ion de cianuro: es un veneno muy activo sobre el sistema nervioso central que inhibe las enzimas asociadas a la oxidación celular causando la muerte a través de la pérdida de energía (Cruz et al., 2014).
- Glucósido cianogénico: son el producto del metabolismo secundario en la síntesis de compuestos propios de las plantas que se componen de una aglicona tipo  $\alpha$ -hidroxinitrilo y de un azúcar principalmente de glucosa; es decir son toxinas vegetales derivadas de aminoácidos producidas como metabolitos secundarios de las plantas con función de defensa (Arrázola et al., 2013).
- Linamarina: Es un glucósido cianogénico, su estructura general es un azúcar D –  $\beta$  – glucosa, unido por un enlace O –  $\beta$  – glucosídico a una aglicona, encontrado en las hojas y raíces (Rivadeneira, 2017).
- Lotaustralina: es un glucósido cianogénico que se encuentra en pequeñas cantidades en algunas plantas (Turpo, 2015).

- Plantas cianofóricas: son plantas que contienen el glucósido cianogénico en sus tejidos (Turpo, 2015).
- Nitrilos: o cianuros se consideran derivados del ácido cianhídrico (HCN) al sustituir el H por radicales de alquilo (cianuros de alquilo) o como derivados de los hidrocarburos al sustituir un átomo de hidrógeno por el grupo - CN (IES La Magdalena, s.f.).
- Amigdalina: primer glucósido cianogénico descubierto, presente en las semillas de varias plantas de la subfamilia *Amygdaloideae*, en la familia *Rosaceae* (Turpo, 2015).

## 2.4. Formulación de Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

**H<sub>1</sub>:** La concentración de ácido cianhídrico se ve influenciada por el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

**H<sub>0</sub>:** No existe diferencia significativa en la concentración de ácido cianhídrico por el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

**H<sub>a</sub>:** Existe diferencia significativa en la concentración de ácido cianhídrico por el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

#### 2.4.2. Hipótesis específicas

##### **Hipótesis específica 1 (HE1):**

**H<sub>1</sub>:** El tiempo de secado óptimo reduce la concentración de ácido cianhídrico en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

**H<sub>0</sub>:** No existe diferencia significativa en la concentración de ácido cianhídrico en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

**H<sub>a</sub>:** Existe diferencia significativa en la concentración de ácido cianhídrico en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

##### **Hipótesis específica 2 (HE2):**

**H<sub>1</sub>:** La concentración de ácido cianhídrico inicial se ve influenciado por el tipo de ecotipo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) evaluado en el distrito de Pozuzo – Oxapampa del año 2023.

**H<sub>0</sub>:** No existe diferencia significativa en la concentración de ácido cianhídrico inicial por el tipo de ecotipo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) evaluado en el distrito de Pozuzo – Oxapampa del año 2023.

**H<sub>a</sub>:** Existe diferencia significativa en la concentración de ácido cianhídrico inicial por el tipo de ecotipo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) evaluado en el distrito de Pozuzo – Oxapampa del año 2023.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variables independientes

- Ecotipos de arracacha Amarillo
- Blanco

### 2.5.2. Tiempo de secado al sol

- 0 días
- 3 días
- 6 días
- 9 días

### 2.5.3. Variables dependientes

- Concentración de HCN (cianuro libre)
- Concentración de CN (cianuro total)

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

En la tabla 1, se indican las variables evaluadas de acuerdo a la matriz de consistencia (Anexo 1).

**Tabla 1** Definición operacional de variables e indicadores

Variables	Dimensión	Definición operacional	UM
Ecotipo	Ecotipo		
	amarillo	Determinación de la concentración de cianuro libre y total en raíces de arracacha mediante titulación alcalina.	mg
	Ecotipo blanco		
Tiempo de secado al sol (días)	0, 3, 6 y 9	Evaluación de la concentración de HCN y CN en muestras de raíces de arracacha fresca (0 días) y después de la exposición al sol a los 3, 6 y 9 días.	mg
Concentración	HCN	Determinación y cálculo de la concentración de cianuro libre mediante la equivalencia, consumo por 1,08.	mg
	CN	Determinación y cálculo de la concentración de cianuro total mediante la equivalencia, consumo por 2.	mg

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se adoptó fue experimental.

Es experimental porque el investigador elige las variables. En la presente investigación se empleó el método de titulación alcalina en laboratorio donde se pudo manipular las variables independientes de la investigación en las muestras de arracacha, para poder determinar la concentración de HCN e identificar el mejor tratamiento.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es aplicado porque los resultados sirven para aplicación práctica.

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación es inductivo porque nos ayuda a generar un nuevo conocimiento basado en evidencias y recopilación de datos verificables para el tratamiento de secado al sol y la reducción de HCN en raíces de arracacha.

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 4 (4 repeticiones, 32 unidades experimentales).

#### 3.4.1. Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$u$  = Efecto de la media general del experimento

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del tiempo de secado

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del ecotipo

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción del nivel del tiempo de secado por el nivel del ecotipo

$E_{ijk}$  =  $k$ -ésima desviación en el  $j$ -ésimo nivel del ecotipo y del  $i$ -ésimo nivel del tiempo de secado.

$i=1,2,\dots$  a niveles del ecotipo

$j=1,2,\dots$  b niveles del tiempo de secado al sol

$k=1,2,\dots$  r repeticiones

#### 3.4.2. Factores de estudio

Factor A: ecotipos de arracacha

A0: Ecotipo amarillo

A1: Ecotipo blanco

Factor B: tiempo de secado al sol

B0: 0 días de secado al sol

B1: 3 días de secado al sol



B2: 6 días de secado al sol

B3: 9 días de secado al sol

### 3.4.3. Tratamientos

Los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8) se obtienen de la combinación del factor A (A0=Ecotipo Amarillo; A1=Ecotipo blanco) y el factor B (0, 3, 6 y 9 días de secado al sol), en donde cada unidad experimental pasa por un reposo de 24 horas previo al inicio de la identificación cuantitativa por titulación alcalina, tabla 2.

**Tabla 2** *Tratamientos a evaluar*

Factor A	Factor B	Descripción	Tratamientos
A0	B0	A0*B0	T1
	B1	A0*B1	T2
	B2	A0*B2	T3
	B3	A0*B3	T4
A1	B0	A1*B0	T5
	B1	A1*B1	T6
	B2	A1*B2	T7
	B3	A1*B3	T8

*Nota:* Los tratamientos resultan de la interacción de los factores A y B.

### 3.4.4. Randomización de tratamientos

Los tratamientos se ubicaron en forma aleatoria para la exposición al sol durante 3, 6 y 9 días, a excepción de los tratamientos 1 y 5 (testigos) porque no estuvieron expuestos al sol, tabla 3.

**Tabla 3** *Randomización de tratamientos*

T 2	T 6	T 7	T 1
T 1	T 8	T 5	T 3
T 5	T 7	T 4	T 6
T 8	T 5	T 3	T 2
T 1	T 3	T 6	T 4
T 4	T 2	T 5	T 8
T 6	T 1	T 7	T 3
T 2	T 8	T 4	T 7

*Nota:* Aleatorización de tratamientos en 32 unidades experimentales.

### **3.5. Población y muestra**

La población estuvo conformada por raíces de arracacha de la parcela que se encontró ubicada en la localidad de Santa Rosa entre las coordenadas 8892558 Norte y 446852 Este del distrito de Pozuzo, provincia de Oxapampa.

Las muestras estuvieron conformadas por 4 plantas por cada ecotipo, al azar, cosechadas de la parcela. Y para el análisis cada unidad experimental se utilizó 0.60 g de muestra fresca.

### **3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

Se utilizaron fichas de recolección de datos (Anexo 2) mediante observación directa, además de cuaderno de apuntes, cámara fotográfica, equipos de campo y laboratorio.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados con ayuda del programa Excel y posteriormente se analizaron en el software para análisis estadístico Infostat, en el que primero se realizó la prueba T-Student para identificar al ecotipo que posee mayor concentración de HCN y CN en muestra fresca, seguidamente se realizó la prueba de normalidad (Anexo 3) y homogeneidad de varianza para ver si cumplen con los supuestos para realizar el ANOVA (Tabla 14 y 15). Finalmente se realizó el ANOVA y la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para identificar el mejor tratamiento.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Los resultados obtenidos para la determinación de la concentración de HCN y CN se sometieron a pruebas de normalidad mediante el test de Shapiro–Wilk porque los datos eran menores a 50, teniendo como resultado una distribución normal que se fundamenta en la estadística paramétrica según Pearson.

### **3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica**

La investigación expuesta fue de tipo experimental, mediante la cual se procura presentar nuevos conocimientos en beneficio de nuestros agricultores y/o consumidores de arracacha y de esa manera dar paso a nuevas investigaciones que la refuercen y contribuyan.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación geográfica**

Las muestras de arracacha se recolectaron en localidad de Santa Rosa, distrito de Pozuzo, provincia de Oxapampa, las cuales se encuentran ubicadas a una altitud de 1100 msnm, con un clima templado, cálido y tropical. Posteriormente las muestras se evaluaron en el laboratorio de química de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Y los tratamientos fueron valorados bajo condiciones de Oxapampa con una temperatura promedio de 12 a 25 °C (SENAMHI, 2023).

##### **4.1.2. Recolección de muestras**

Se recolectaron 4 muestras por ecotipo de manera completamente al azar de la parcela cultivada (Figura 9 y 10). Se tomaron las raíces y se mezclaron con el objetivo de obtener mayor uniformidad, pensando en que puede haber variabilidad de planta a planta, convirtiendo las muestras en una sola

representación del ecotipo, seguidamente se dividieron en tratamientos para su evaluación (Anexo 4).

#### **4.1.3. Proceso de tratamiento de muestras**

- 1° Se cosechó raíces de arracacha ecotipo amarillo y blanco a los 12 meses después de la siembra (Figura 11)
- 2° Se lavaron (Figura 12 y 13) y picaron (Figura 14 y 15) las raíces.
- 3° Las raíces se mezclaron y se tomaron muestras uniformes para los distintos tratamientos y unidades experimentales (Figura 16).
- 4° Para iniciar los tratamientos 1 y 5 se dejaron reposar por 24 horas (Anexo 5), seguidamente pasaron directo para el análisis y determinación de la concentración de HCN y CN mediante la técnica de titulación alcalina.
- 5° Las muestras con los tratamientos restantes se dejaron secar al sol por diversos periodos de tiempo, posteriormente se determinó el HCN y CN mediante la técnica de titulación alcalina.

#### **4.1.4. Identificación cuantitativa por Titulación Alcalina**

- 1° Para cada unidad experimental se pesaron 15 g de muestra de raíz picada en una balanza analítica.
- 2° La muestra pesada se colocó en un matraz de 250 ml con 200 ml de agua destilada y se tapó con papel aluminio.
- 3° Se dejó reposar por 24 horas.
- 4° Antes de iniciar el proceso de destilación se preparó en un vaso de precipitado de 25 ml una solución de 0.5 g de NaOH en 20 ml de agua destilada.

- 5° Además, se prepararon las soluciones KI al 5 %, NH<sub>4</sub>OH 6N y AgNO<sub>3</sub> 0.02N en matraces de 250 ml y 1000 ml respectivamente.
- 6° Después de 24 horas se destiló 150 ml de la muestra en una probeta de 250 ml, con la solución preparada de 0.5 g de NaOH.
- 7° Se adicionó 30 ml de agua destilada.
- 8° Se dividió la muestra en dos vasos de precipitado de 100 ml.
- 9° Posteriormente con la ayuda de dos pipetas se le adicionó 9 ml de NH<sub>4</sub>OH 6N y 2 ml de solución de KI al 5 % a cada alícuota.
- 10° La mezcla se tituló con una solución de AgNO<sub>3</sub> 0.02N (Anexo 6).
- 11° Se observó una turbidez verde lechosa (Anexo 7), (Figura 17 y 18).
- 12° Se tomó los datos de acuerdo al consumo de AgNO<sub>3</sub> 0.02N en las diferentes muestras (Anexo 8). (Tabla 16 al 23)
- 13° Como sostienen Cruz et al. (2014) y Molina (2014), el cálculo de la concentración de HCN y CN se realizó de acuerdo a la siguiente equivalencia (Anexo 9).  
$$\text{HCN (mg)} = \text{consumo (ml)} (\text{AgNO}_3) * 1.08, \text{ (Tabla 24)}$$
$$\text{CN (mg)} = \text{consumo (ml)} (\text{AgNO}_3) * 2, \text{ (Tabla 25)}$$

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1. Concentración de HCN y CN inicial en muestras frescas**

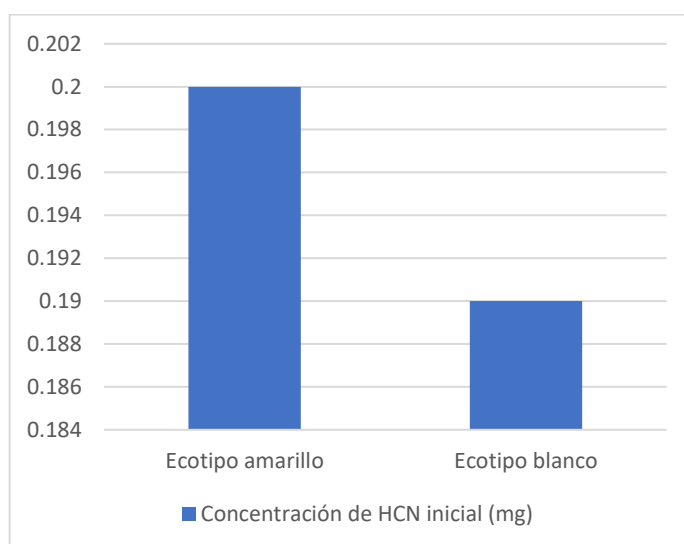
#### **a. Concentración de HCN**

Se realizó la prueba de T-student para determinar la diferencia en la concentración de HCN de los ecotipos y se obtuvo que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.8284$ ), pues la concentración de HCN de los ecotipos amarillo y blanco fueron de 0.20 y 0.19 mg respectivamente, ver tabla 4 y figura 1.

**Tabla 4** Concentración de HCN en muestras frescas de arracacha.

Ecotipo	Media (mg)
Amarillo	0.20
Blanco	0.19

**Figura 1** Concentración de HCN inicial en mg



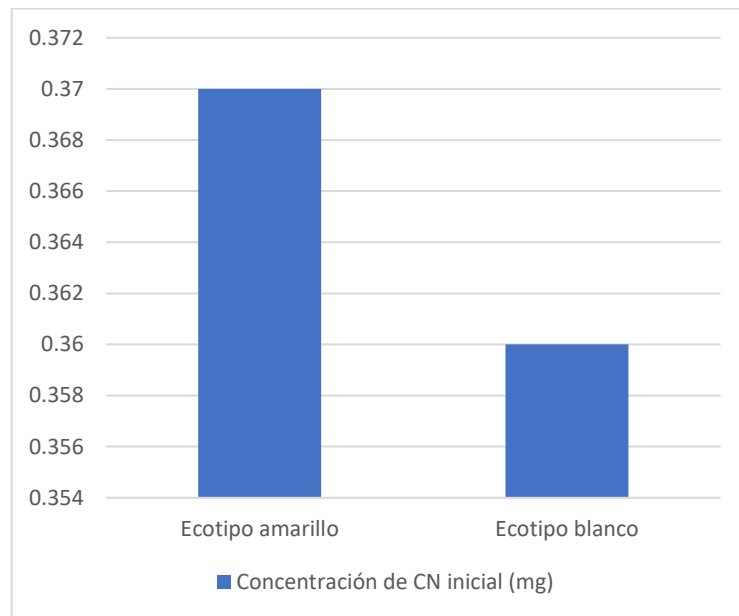
**b. Concentración de CN**

Mediante la prueba T-student para determinar la diferencia en la concentración de CN de los ecotipos y se obtuvo que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.8284$ ), pues la concentración de CN de los ecotipos amarillo y blanco fueron 0.37 y 0.36 mg respectivamente, ver tabla 5 y figura 2.

**Tabla 5** Concentración de CN en muestras frescas de arracacha.

<b>Ecotipo</b>	<b>Media (mg)</b>
Amarillo	0.37
Blanco	0.36

**Figura 2** Concentración de CN inicial



#### 4.2.2. Concentración de HCN y CN en muestras expuestas a sol

##### a. Concentración de HCN

La concentración de HCN entre la interacción de los factores evaluados no presenta diferencia estadísticamente significativa, con un coeficiente de confiabilidad (CC) de 75% y un coeficiente de variación (CV) de 13.21%, ver tabla 6.



**Tabla 6** Concentración de HCN en muestras expuestas al sol

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Ecotipo	0.01	1	0.01	6.18	0.0203
Tiempo	0.04	3	0.01	13.59	<0.0001
Ecotipo x Tiempo	0.01	3	2.0.E-03	1.89	0.1589
Error	0.03	24	1.1E-03		
Total	0.08	31			

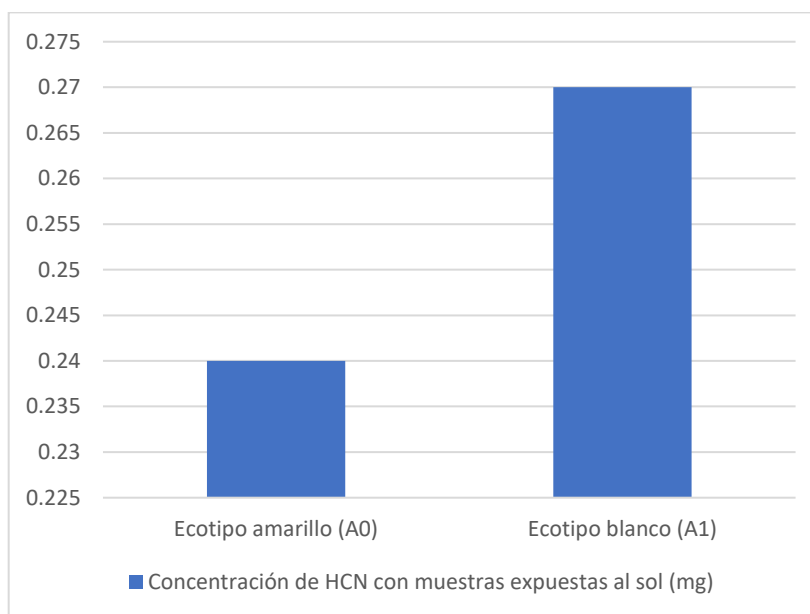
$$CC = \left(\frac{SCM}{SCT}\right) \times 100 = 75\% \quad CV = \left(\frac{\sqrt{CM_e}}{x}\right) \times 100 = 13.21\%$$

El ecotipo amarillo presenta la menor concentración de HCN con 0.24 mg, a diferencia del ecotipo blanco que presenta 0.27 mg, ver tabla 7 y figura 3.

**Tabla 7** Concentración de HCN en ecotipos

<b>Ecotipo</b>	<b>Medias (mg)</b>	<b>Significación</b>
A0	0.24	A
A1	0.27	B

**Figura 3** Concentración de HCN con muestras expuestas al sol

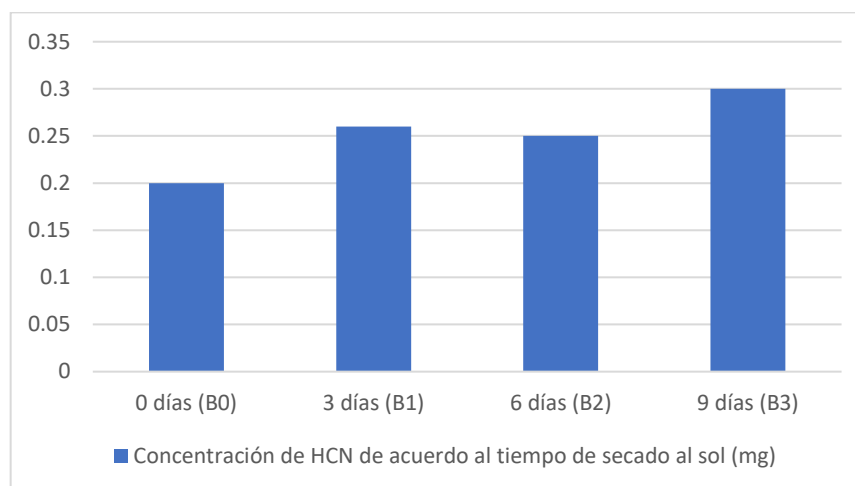


Tiempo de secado al sol que presenta menores concentraciones de HCN es el de 0 días con 0.20 mg, y el tiempo de secado al sol con mayor concentración de HCN es el de 9 días con 0.30 mg, ver tabla 8 y figura 4.

**Tabla 8** Concentración de HCN de acuerdo al tiempo de secado al sol.

Tiempo de secado al sol	Medias (mg)	Significación
B0	0.20	A
B2	0.25	B
B1	0.26	B C
B3	0.30	C

**Figura 4** Concentración de HCN de acuerdo al tiempo de secado al sol

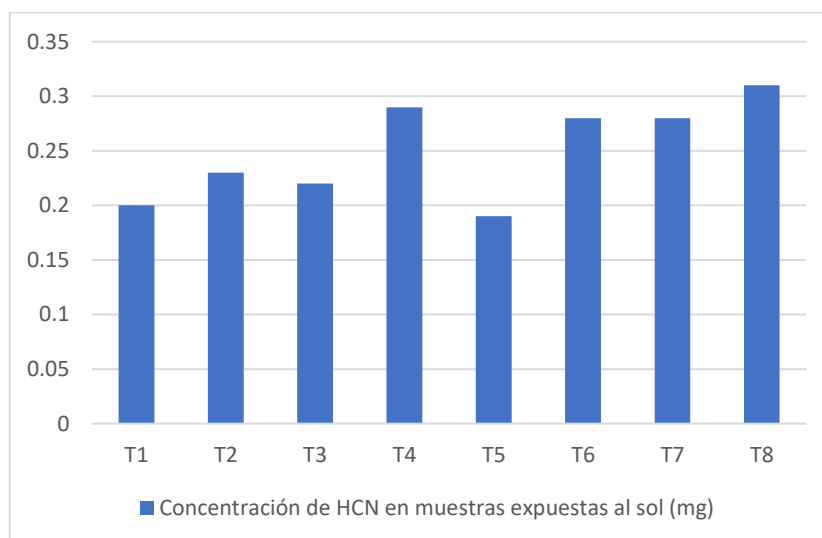


Los mejores tratamientos fueron el T5 y T1 porque presentaron las menores concentraciones de HCN con 0.19 y 0.20 mg respectivamente; por el contrario, el T8 tuvo una concentración de 0.31 mg de HCN, convirtiéndose en el tratamiento de secado al sol menos recomendado bajo condiciones de Oxapampa, ver tabla 9 y figura 5.

**Tabla 9** Concentraciones de HCN en muestras expuestas al sol

Tratamientos	Medias (mg)	Significación
T5	0.19	A
T1	0.20	A
T3	0.22	A B
T2	0.23	A B C
T7	0.28	B C
T6	0.28	B C
T4	0.29	B C
T8	0.31	C

**Figura 5** Concentración de HCN en muestras expuestas al sol



**b. Concentración de CN**

La concentración de CN entre la interacción de los factores evaluados no presenta diferencia estadísticamente significativa, con un coeficiente de confiabilidad (CC) de 67.86% y un coeficiente de variación (CV) de 13%, ver tabla 10.

Tabla 10 *Análisis de varianza de los tratamientos en la concentración de CN*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Ecotipo	0.02	1	0.02	6.18	0.0203
Tiempos	0.15	3	0.05	13.59	<0.0001
Ecotipo x Tiempo	0.02	3	0.01	1.89	0.1589
Error	0.09	24	3.7E-03		
Total	0.28	31			

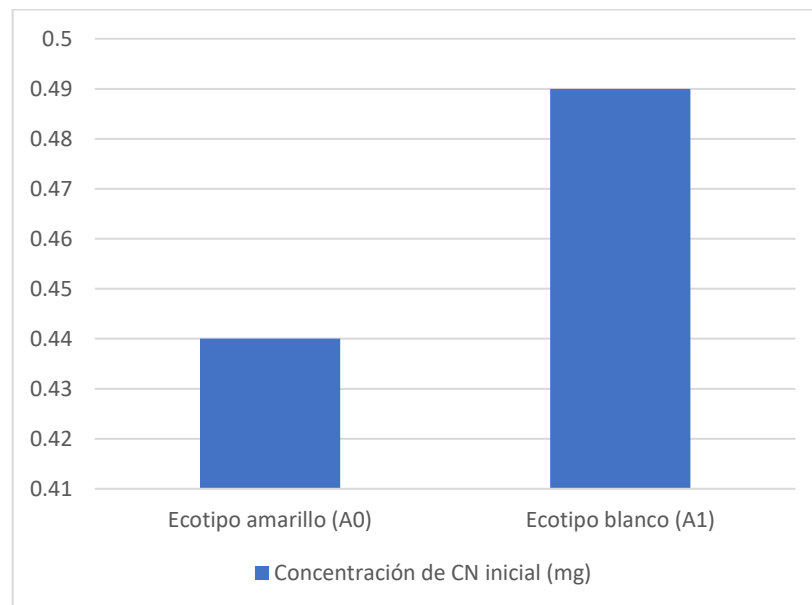
$$CC = \left( \frac{SCM}{SCT} \right) \times 100 = 67.86\% \quad CV = \left( \frac{\sqrt{CM_e}}{x} \right) \times 100 = 13\%$$

El ecotipo amarillo presenta la menor concentración de CN con 0.44 mg, a diferencia del ecotipo blanco que presenta 0.49 mg, ver tabla 11 y figura 6.

**Tabla 11** *Concentración de CN en ecotipos*

<b>Ecotipo</b>	<b>Medias (mg)</b>	<b>Significación</b>
A0	0.44	A
A1	0.49	B

**Figura 6** *Concentración de CN inicial*

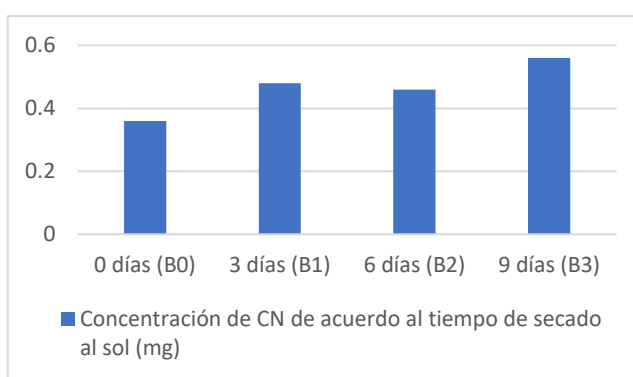


Tiempo de secado al sol que presenta menores concentraciones de CN es el de 0 días con 0.36 mg, y el tiempo de secado al sol con mayor concentración de CN es el de 9 días con 0.56 mg, ver tabla 12 y figura 7.

**Tabla 12** Concentración de CN de acuerdo al tiempo de secado al sol.

Tiempo de secado al sol	Medias (mg)	Significación
B0	0.36	A
B2	0.46	B
B1	0.48	B C
B3	0.56	C

**Figura 7** Concentración de CN de acuerdo al tiempo de secado al sol

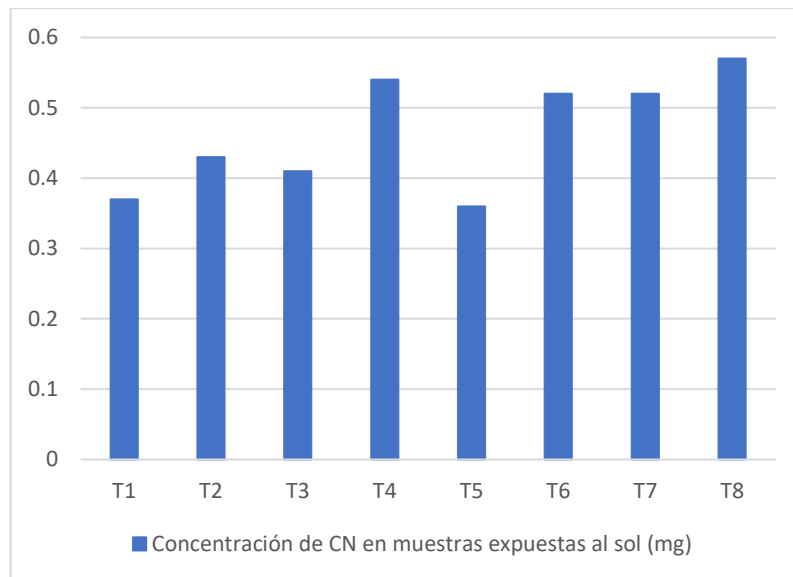


Los mejores tratamientos son el T5 y T1 porque presentaron las menores concentraciones de CN por cada ecotipo evaluado con 0.36 mg y 0.37 mg respectivamente. Y por el contrario el T8 presento una concentración de 0.57 mg de CN, convirtiéndose en el tratamiento de secado al sol menos recomendado bajo condiciones de Oxapampa, ver tabla 13 y figura 8.

**Tabla 13** Concentraciones de CN en muestras expuestas al sol.

Tratamientos	Medias (mg)	Significación
T5	0.36	A
T1	0.37	A
T3	0.41	A B
T2	0.43	A B C
T7	0.52	B C
T6	0.52	B C
T4	0.54	B C
T8	0.57	C

**Figura 8** Concentración de CN en muestras expuestas al sol



#### 4.3. Prueba de hipótesis

**HG:** La concentración de ácido cianhídrico se ve influenciada por el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha (*Arracacia*

*xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ); es decir, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (la interacción de los factores), (ver tabla 6).

Con un coeficiente de variabilidad entre las unidades experimentales de 12.59%.

Al realizar la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para concentración de HCN en muestras expuestas al sol, destacan los tratamientos 1 y 5 porque presentaron las menores concentraciones de HCN a diferencia de los demás tratamientos evaluados (ver tabla 9).

**HE.1:** El tiempo de secado óptimo reduce la concentración de ácido cianhídrico en raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ); es decir si existe un tiempo de secado óptimo para reducir la concentración de ácido cianhídrico en los ecotipos evaluados (ver tabla 6).

Al realizar la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para concentración de ácido cianhídrico de acuerdo al tiempo de secado al sol, destaca el tiempo de secado de 0 días (B0), ya que estadísticamente presenta la menor concentración de HCN a diferencia de los demás tiempos evaluados (ver tabla 8).

**HE.2:** La concentración de ácido cianhídrico inicial se ve influenciado por el tipo de ecotipo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) evaluado en el distrito de Pozuzo – Oxapampa del año 2023.



Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ); es decir no existe diferencia estadísticamente significativa en la concentración inicial de HCN de los dos ecotipos evaluados (ver tabla 4).

#### **4.4. Discusión de resultados**

##### **4.4.1. Tiempo de secado al sol para reducir la concentración de HCN**

En base a los resultados obtenidos en donde se determinó el tiempo de secado al sol óptimo para reducir la concentración de HCN en los ecotipos de arracacha, en términos absolutos mediante el análisis en diferentes tiempos a un rango de 3 días, se podría decir que los tratamientos 1 y 5 son los que presentan los mejores resultados, debido a que exhiben las concentraciones más bajas de HCN. Mientras que, Molina (2014), en el trabajo de investigación determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.), perteneciente al ecotipo colombiano y sus implicaciones en la elaboración de té, encontró que el secado a 60 °C es el mejor tratamiento para reducir la concentración de HCN, con valores iniciales de 1730.79 mg de HCN/ kg hojas secas y 1805.33 mg HCN capuchones secos, reduciéndolos hasta valores de 11.49 mg HCN/ kg hojas secas y 23.03 mg HCN capuchones secos. De igual manera, Murgueitio et al. (2022), en la investigación efecto del procesamiento tradicional de producción de almidón de yuca en la concentración de compuestos cianhídricos, encontró que el secado a 60 °C por 3 horas elimina la mayor concentración de HCN. Así mismo, Giraldo et al. (2006), en el trabajo de investigación obtención de harina a partir de hojas de yuca para consumo humano encontró que el secado solar es uno de los métodos que presenta menores concentraciones de cianuro, sin embargo, el secado artificial es el más efectivo. Por otro lado, Arrázola et al. (2013), en la investigación determinación de los

compuestos cianogénicos amigdalina y prunasina en semillas de almendras (*Prunus dulcis L.*) mediante cromatografía líquida de alta resolución demostró que el metanol al 100 % es el sistema de extracción más eficiente. En cambio, Nivetha et al. (2018), en el trabajo de investigación reducción del contenido de fenólicos, taninos y glucósidos cianogénicos en bebidas fermentadas de linaza (*Linum usitatissimum*) indicó que la inoculación de *L. acidophilus* disminuye los factores anti nutricionales a un 65 % y la inoculación de *B. mesentericus* lo disminuye a un 58 %. A comparación, Castro et al. (2021), en la investigación efecto del procesamiento tradicional de la yuca (*Manihot esculenta*) y derivados sobre el contenido de glucósidos cianogénicos demostró que el procesamiento tecnificado lo reduce en un 86 %. Adicionalmente, Gutiérrez et al. (2021), en el trabajo de investigación efecto del tratamiento térmico sobre los niveles de oxalato y ácido cianhídrico de cormos de malanga de dos cultivares (*Xanthosoma sagittifolium* y *Colocasia esculenta*) en un modelo murino indicó su disminución significativa después de 20 min de cocción. Según los resultados obtenidos tras el análisis y el reporte de diferentes autores, nos muestra que el secado solar no es el mejor método para la disminución de HCN, ya que, para que se dé, la liberación óptima, la temperatura debe oscilar entre 30 °C a 40 °C (Aristizábal y Sánchez, 2007 & FAO, 2013), además debemos tener en cuenta que la temperatura promedio de Oxapampa oscila entre 12 a 25 °C (SENAMHI, 2023).

#### **4.4.2. Concentración de HCN**

En base a los resultados obtenidos el ecotipo amarillo presenta una concentración de 2.67 mg de HCN por cada 100 g de muestra fresca de arracacha en sus raíces, a comparación del ecotipo blanco que presenta 2.53 mg de HCN por cada 100 g de muestra fresca de arracacha en sus raíces. Mientras que, Turpo

(2015), en el trabajo de investigación compuestos cianogénicos en vegetales comestibles (cereal, drupas y tubérculos) y su cuantificación mediante métodos ópticos, demostró que la arracacha es un tubérculo altamente tóxico para las personas porque posee una concentración de 52.5 mg/100 g de muestra, al igual que la pituca (*Colocasia esculenta*) y la yuca (*Manihot esculenta*), con 54.7 mg y 40.1 mg respectivamente. Asimismo, Delange y Ahluwalia (1982), en la investigación toxicidad de la yuca y tiroides: Aspectos de investigación y salud, dieron a conocer una concentración de 5 a 40 mg por cada 100 g de yuca fresca. También, Molina (2014), en el trabajo de investigación determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (*Physalis peruviana* L.), perteneciente al ecotipo colombiano y sus implicaciones en la elaboración de té, encontró 1730.79 mg de HCN/ kg hojas secas y 1805.33 mg HCN/ kg capuchones secos. De la misma forma, Arrázola et al. (2014), en la investigación importancia de los glucósidos cianogénicos en el sabor de frutos de almendros (*Prunus dulcis* Miller) y su incidencia en la agroindustria, hallaron en promedio en almendras amargas 2400 mg a 5900 mg de amigdalina por cada 100 g de muestra; mientras que en almendras no amargas 20 mg de amigdalina por cada 100 g de muestra. Por otro lado, Cruz et al. (2014), en el trabajo de investigación cuantificación de glucósidos cianogénicos en plantas de consumo habitual a través de la reacción de Guignard y titulación alcalina, dieron a conocer que la yuca y sorgo no rebasan los 5 mg/ g de muestra, lo cual indica una poca probabilidad de intoxicación. Del mismo modo, Esteves et al. (2023), en la investigación efectos secundarios en humanos por el consumo de glucósidos presentes en la ortiga (*Cnidioscolus aconitifolius*), encontraron un valor de 2.51 mg de HCN/100 g de peso fresco, resultando no tóxico. Estos resultados, de

acuerdo a la concentración de HCN determinada en diferentes cultivos, confirman que la arracacha es un cultivo cianogénico porque superan el contenido mínimo de 1 mg HCN/100 g de muestra, sin embargo la raíz no presenta toxicidad por cianuro por que el contenido determinado es inferior a 20 mg de HCN/100 g de muestra de acuerdo al rango establecido en Molina (2014).

## **CONCLUSIONES**

Las raíces de arracacha ecotipo amarillo y blanco tras el efecto del secado solar bajo diferentes tiempos dan como resultado que los tratamientos 1 y 5 presentan las concentraciones más bajas de ácido cianhídrico.

En la concentración inicial de ácido cianhídrico de los dos ecotipos de arracacha, el ecotipo amarillo presenta ligeramente mayor concentración de ácido cianhídrico que el ecotipo blanco, considerándose un cultivo cianogénico no tóxico para la alimentación poblacional bajo condiciones de Oxapampa.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar análisis de ácido cianhídrico en otros ecotipos de arracacha.
- Realizar análisis empleando el método Guignard para la determinación cualitativa de ácido cianhídrico.
- Incrementar el número de muestras de arracacha.
- Recolectar las muestras en la etapa de cosecha, porque es la fase en la que las personas lo adquieren para su consumo.
- Recolectar muestras de diversos terrenos, para obtener mayor variabilidad, y de esa manera alcanzar resultados más precisos.
- Realizar previamente un remojo prolongado de las raíces en agua para efectuar la ruptura del parénquima y seguidamente aplicar el tratamiento de secado al sol.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aristizábal, J y Sánchez T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma.  
<https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Arrázola, G., Grane, N. y Dicenta, F. (2014). *Importancia de los glucósidos cianogénicos en el sabor de frutos de almendros (Prunus dulcis Miller) y su incidencia en la agroindustria*. Revista colombiana de ciencias hortícolas. Volumen 8(1):57-66.  
<https://bit.ly/3yIxx2c>
- Arrázola, G., Grané, N., Martín, M. y Dicenta F. (2013). *Determinación de los compuestos cianogénicos amigdalina y prunasina en semillas de almendras (Prunus dulcis L.) mediante cromatografía líquida de alta resolución*. Revista Colombiana Química 42 (1), 13-21.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309042140004>
- Baltazar, M., Rudecindo, T. y Capcha, C. (2021). *Diversidad de Cultivares de la Arracacha (Arracacia xanthorrhiza B.) en áreas periféricas de la provincia de Satipo, Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Bavera, G. (2009). *Reacción de Guignard para ácido cianhídrico*.  
[https://www.produccionanimal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/intoxicaciones/94guignard.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/94guignard.pdf)
- Beiruty, R., Cheyed, S. y Hashim, M. (2020). *Hazards of toxic hydrocyanic acid (HCN) in sorghum and ways to control it: a review*. University of Baghdad, Iraq. Volumen 20(1), 2726-2731. <https://bit.ly/3R949Cl>

- Brito, M., Franca, T., Oliveira, K., Cerqueira, V. (2000). *Estudos experimentais em coelhos com plantas cianogênicas*. Pesquisa Veterinária Brasileira 20(2):65-70.  
<https://bit.ly/3UWWLuA>
- Castro, Y., Cristellot, F., Murgueitio, N., Gómez, Y. y Rosero, E. (2021). *Efecto del procesamiento tradicional de la yuca (Manihot esculenta) y derivados sobre el contenido de glucósidos cianogénicos*. Revista Científica Ingeniería, Tecnología e Investigación, 4(8). ISSN: 2737-6249. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0033>
- Cruz, S., Martínez, M. y Medina, L. (2014). *Cuantificación de glucósidos cianogénicos en plantas de consumo habitual a través de la reacción de Guignard y titulación alcalina*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://bit.ly/3VpeZ8D>
- Delange, F. y Ahluwalia, R. (1982). *Toxicidad de la yuca y tiroides: Aspectos de investigación y salud*. Canadá: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. <https://idlbncidrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/6820/IDL-6820.pdf?sequence=1>
- Esteves, M., Quintero, A., Urrutia, T. y Piloni, J. (2023). *Efectos secundarios en humanos por el consumo de glucósidos presentes en la ortiga (Cnidocolus aconitifolius)*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Volumen 9(17), 20-23.  
<https://doi.org/10.29057/icap.v9i17.9594>
- FAO. (2013). *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico (HCN) en la yuca (mandioca) y los productos de yuca*.  
[https://www.fao.org/input/download/standards/13605/CXP\\_073s.pdf](https://www.fao.org/input/download/standards/13605/CXP_073s.pdf)
- Giraldo, A., Velasco, R. y Aristizabal, J. (2006). *Obtención de harina a partir de hojas de yuca para consumo humano*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. <https://www.researchgate.net/publication/356578686>



- Gutiérrez, G., Velázquez, A., Tacias, V., Vidal, D., León, E. y De La Cruz, J. (2021). *Efecto del tratamiento térmico sobre los niveles de oxalato y ácido cianhídrico de cormos de malanga de dos cultivares (Xanthosoma sagittifolium y Colocasia esculenta) en un modelo murino*. Tecnología de Ciencia Alimentaria. Volumen 59(1), 220–227. DOI: 10.1007/s13197-021-05004-9
- IES La Magdalena. (s.f.). *Grupos funcionales con oxígeno o nitrógeno*. <https://fisquiweb.es/Apuntes/Apuntes4/Organica2.pdf>
- Ly, J. (1998). *Uso de raíces de yuca para cerdos: Factores antinutricionales*. Revista Computarizada de Producción Porcina, 5 (3), 93-115.
- Manrique, I. (2020). *Arracacha, raíz milenaria con mayor valor nutricional que la papa*. AgroPerú. <https://www.agroperu.pe/arracacha-raizmilenaria-con-mayor-valor-nutricional-que-la-papa/>
- Molina, J. (2014). *Determinación del contenido de compuestos cianogénicos en hojas y capuchones de uvilla (Physalis peruviana L.), perteneciente al ecotipo colombiano y sus implicaciones en la elaboración de té*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [Tesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/8463/1/BQ%2064.pdf>
- Murgueitio, N., Fernández, A. y Rosero, E. (2022). *Efecto del procesamiento tradicional de producción de Almidón de Yuca en la concentración de compuestos cianhídricos*. International Journal of Interdisciplinary Studies. Volumen 3(7):102-110. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i7.518>
- Narro, K. (2021). *Determinación de la temperatura de fritura y espesor para obtener hojuelas de arracacha (Arracacia xanthorrhiza bancroft)*. Universidad Nacional de Cajamarca [tesis]. <https://bit.ly/4e5gH7g>

- Nivetha, N. Suvarna, V. y Abhishek, R. (2018). *Reduction of Phenolics, Tannins and Cyanogenic Glycosides Contents in Fermented Beverage of Linseed (Linum usitatissimum)*. University of Agricultural Sciences, GKVK, Bengaluru 560 065, Karnataka, India. Intl. J. Food. Ferment. Technol. Volumen 8(2), 185-190. <https://bit.ly/4c1mvNn>
- Palacios, R., Morales, M. y Arias, G. (2011). *Evaluación químico bromatológica de tres variedades de (Arracacia xanthorrhiza) "arracacha"*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v14\\_n2/pdf/a03v14n2.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v14_n2/pdf/a03v14n2.pdf)
- Ramírez, A. (2010). *Toxicidad del cianuro: Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre*. ScieloPerú. <https://bit.ly/3VpfjUT>
- Rivadeneira, D., Rodríguez, J. y Monserrat, L. (2017). *Toxicidad de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Editorial Académica Española. <https://bit.ly/3X06bZb>
- Sarmiento, L. (s.f.). *Identificación y cuantificación de Glicósidos Cianogénicos de un extracto de fluido de Laurel Cerezo*. Universidad Católica Santa María. [Tesis]. [https://www.academia.edu/17290098/Identificaci%C3%B3n\\_y\\_Cuantificaci%C3%B3n\\_de\\_Glic%C3%B3sid%C3%B3s\\_Cianog%C3%A9nicos\\_de\\_un\\_extracto\\_fluido\\_de\\_Laurel\\_Cerezo](https://www.academia.edu/17290098/Identificaci%C3%B3n_y_Cuantificaci%C3%B3n_de_Glic%C3%B3sid%C3%B3s_Cianog%C3%A9nicos_de_un_extracto_fluido_de_Laurel_Cerezo)
- SENAMHI (2023). *Pronostico del tiempo a nivel nacional*. Ministerio del Ambiente. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>
- Tirado, G. y Tirado D. (2017). *Tratado de estadística experimental*. Editorial Cenid. <https://bit.ly/3R7ZFMc>
- Turpo, F. (2015). *Compuestos cianogénicos en vegetales comestibles (cereal, drupas y tubérculos) y su cuantificación mediante métodos ópticos*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. [Tesis]. <https://bit.ly/3V6B4s5>

Ventura, J. (2007). *Utilización de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) en panificación.*

Universidad Nacional del Centro del Perú. [Tesis]. <https://bit.ly/4c1Itjy>

## **ANEXOS**

### Instrumentos de recolección de datos

TRATAMIENTO				
REPETICIONES	ALICUOTAS	INICIO	FIN	CONSUMO
Repetición 1	Alícuota 1			
	Alícuota 2			
Repetición 2	Alícuota 1			
	Alícuota 2			
Repetición 3	Alícuota 1			
	Alícuota 2			
Repetición 4	Alícuota 1			
	Alícuota 2			

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

### *Prueba de Normalidad*

Los datos obtenidos para la evaluación de cianuro libre (HCN) poseen una distribución normal, por lo que se aplicó una estadística paramétrica.

#### *Variable dependiente: HCN*

VARIABLE	n	Media (mg)	p
HCN	32	0.25	0.5632

Los datos obtenidos para la evaluación de cianuro total (CN) poseen una distribución normal, por lo que se aplicó una estadística paramétrica.

#### *Variable dependiente: CN*

VARIABLE	n	Media (mg)	p
CN	32	0.46	0.5632

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variables independientes</b>
¿Cuál será la concentración de ácido cianhídrico bajo el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023?	Evaluar la concentración de ácido cianhídrico tras el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.	La concentración de ácido cianhídrico se ve influenciada por el efecto del tiempo de secado al sol en las raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.	Ecotipos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amarillo</li> <li>- Blanco</li> </ul> Tiempo de secado al sol: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 días</li> <li>- 3 días</li> <li>- 6 días</li> <li>- 9 días.</li> </ul>
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variables dependientes</b>
¿Cuál será el tiempo de secado óptimo para reducir la concentración de	Determinar el tiempo de secado óptimo para reducir la concentración de	El tiempo de secado óptimo reduce la concentración de	- Concentración de HCN (cianuro libre).

ácido cianhídrico en raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023?	ácido cianhídrico en raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.	en raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipos amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.	- Concentración de CN (cianuro total).
¿Cuál será la concentración de ácido cianhídrico inicial en las raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023?	Determinar la concentración de ácido cianhídrico inicial en raíces de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) ecotipo amarillo y blanco del distrito de Pozuzo – Oxapampa en el año 2023.	La concentración de ácido cianhídrico inicial se ve influenciado por el tipo de ecotipo de arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) evaluado en el distrito de Pozuzo – Oxapampa del año 2023.	

---

Elaboración propia.



## **Ejecución de tesis en campo**

La cosecha de raíces de arracacha se realizó de manera aleatoria para los ecotipos amarillo y blanco a los 12 meses después de la siembra.

*Cosecha de arracacha ecotipo amarillo y blanco*



*Raíces cosechadas de arracacha completamente al azar*



*Protocolo para ejecución de tesis en Oxapampa*

Se lavaron las raíces de cada ecotipo amarillo y blanco.

*Raíces de arracacha ecotipo amarillo.*



*Lavado de raíces.*



*Raíces de arracacha lavadas ecotipo blanco.*



Se picaron las muestras de raíces en fragmentos delgados de manera transversal para un posterior secado eficiente.

*Picado de raíces ecotipo blanco en forma transversal*



*Picado de raíces ecotipo amarillo en forma transversal*

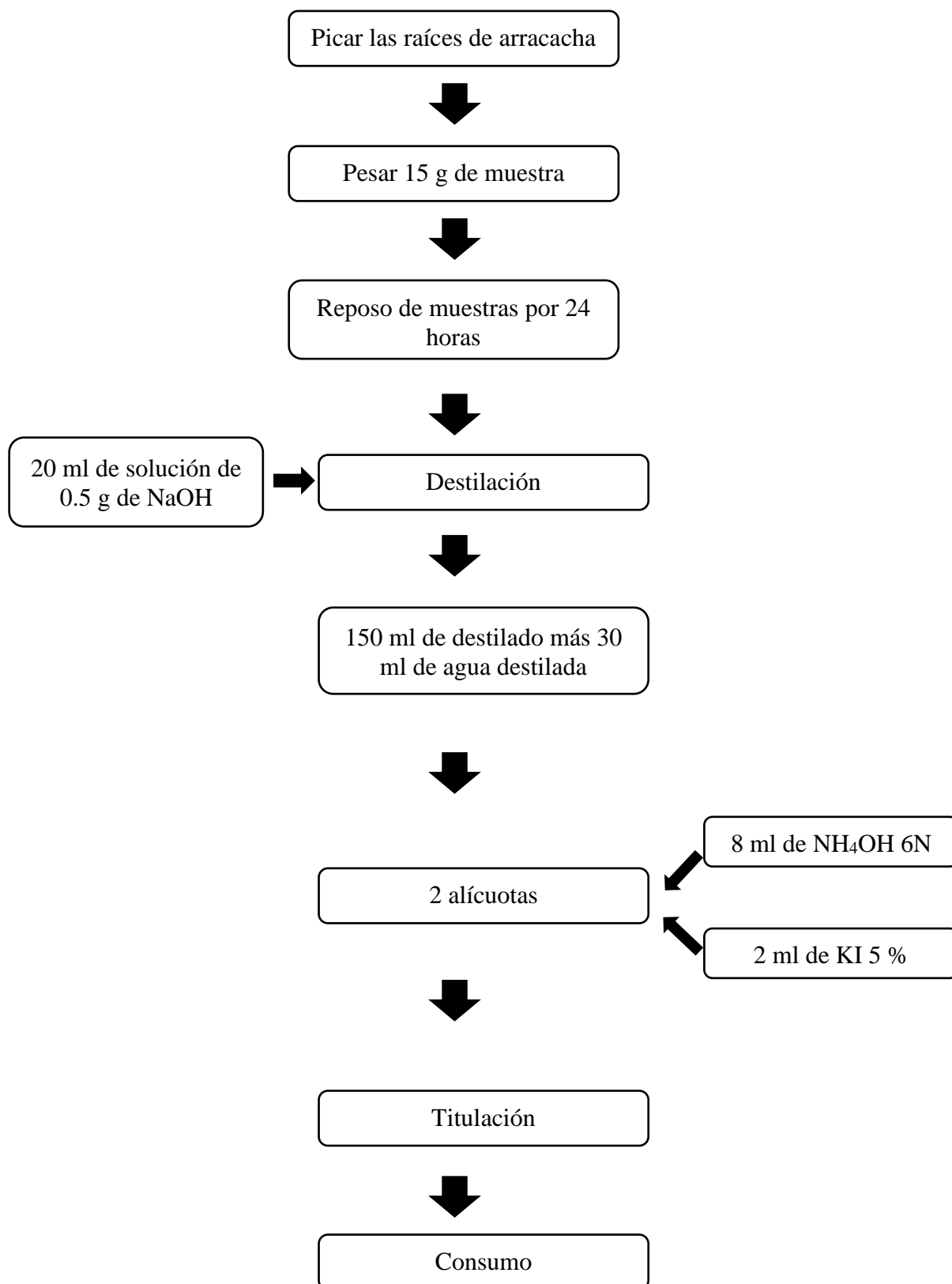


Se mezclaron las muestras picadas de las raíces cosechadas por cada ecotipo y se determinaron muestras correspondientes a los 8 tratamientos de manera aleatoria.

*Randomización de tratamientos.*



*Esquema de ejecución de tesis en laboratorio*



*Reacción de las muestras evaluadas*

*Reacción cuantitativa por titulación alcalina del tratamiento 1.*



*Reacción cuantitativa por titulación alcalina del tratamiento 5.*



*Levantamiento de datos originales de laboratorio.*

*Datos de tratamiento 1*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	44.85	45	0.15
	2	45	45.3	0.30
01.02	1	44.5	44.7	0.20
	2	44.7	44.85	0.15
01.03	1	43.8	44	0.20
	2	44	44.15	0.15
01.04	1	44.15	44.3	0.15
	2	44.3	44.5	0.20
02.01	1	45.6	45.8	0.20
	2	45.8	46	0.20
02.02	1	46	46.2	0.20
	2	46.2	46.4	0.20
02.03	1	45.3	45.45	0.15
	2	45.45	45.6	0.15
02.04	1	46.4	46.6	0.20
	2	46.6	46.8	0.20
03.01	1	47.6	47.8	0.20
	2	47.8	47.95	0.15
03.02	1	47.95	48.2	0.25
	2	48.2	48.4	0.20
03.03	1	46.8	47	0.20
	2	47	47.2	0.20
03.04	1	47.2	47.4	0.20
	2	47.4	47.6	0.20
04.01	1	49.5	49.6	0.10
	2	49.6	49.75	0.15
04.02	1	49.05	49.3	0.25
	2	49.3	49.5	0.20
04.03	1	48.4	48.6	0.20
	2	48.6	48.7	0.10
04.04	1	48.7	48.9	0.20
	2	48.9	49.05	0.15

*Datos de tratamiento 2*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	19.45	19.6	0.15
	2	19.6	19.8	0.20
01.02	1	19.8	20.05	0.25
	2	20.05	20.3	0.25
01.03	1	20.3	20.5	0.20
	2	20.5	20.65	0.15
01.04	1	20.65	20.85	0.20
	2	20.85	21.05	0.20
02.01	1	21.8	22	0.20
	2	22	22.2	0.20
02.02	1	22.65	22.8	0.15
	2	22.8	23.1	0.30
02.03	1	21.05	21.3	0.25
	2	21.3	21.6	0.30
02.04	1	22.2	22.45	0.25
	2	22.45	22.65	0.20
03.01	1	24.35	24.6	0.25
	2	24.6	24.8	0.20
03.02	1	23.95	24.2	0.25
	2	24.2	24.35	0.15
03.03	1	23.1	23.3	0.20
	2	23.3	23.55	0.25
03.04	1	23.55	23.75	0.20
	2	23.75	23.95	0.20
04.01	1	26.1	26.3	0.20
	2	26.3	26.5	0.20
04.02	1	25.7	25.9	0.20
	2	25.9	26.1	0.20
04.03	1	24.8	25	0.20
	2	25	25.25	0.25
04.04	1	25.25	25.55	0.30
	2	25.55	25.7	0.15



*Datos de tratamiento 3*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	32.9	33.15	0.25
	2	33.15	33.3	0.15
01.02	1	32.2	32.4	0.20
	2	32.4	32.6	0.20
01.03	1	31.9	32.05	0.15
	2	32.05	32.2	0.15
01.04	1	32.6	32.9	0.30
	2	32.9	33.15	0.25
02.01	1	33.65	33.8	0.15
	2	33.8	34	0.20
02.02	1	34.5	34.75	0.25
	2	34.75	34.9	0.15
02.03	1	34	34.2	0.20
	2	34.2	34.5	0.30
02.04	1	33.3	33.5	0.20
	2	33.5	33.65	0.15
03.01	1	35.3	35.5	0.20
	2	35.5	35.7	0.20
03.02	1	35.7	35.9	0.20
	2	35.9	36.1	0.20
03.03	1	36.1	36.3	0.20
	2	36.3	36.6	0.30
03.04	1	34.9	35.1	0.20
	2	35.1	35.3	0.20
04.01	1	37	37.1	0.10
	2	37.1	37.3	0.20
04.02	1	36.6	36.8	0.20
	2	36.8	37	0.20
04.03	1	37.7	38	0.30
	2	38	38.2	0.20
04.04	1	37.3	37.5	0.20
	2	37.5	37.7	0.20

*Datos de tratamiento 4*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	21.8	22.1	0.30
	2	22.1	22.4	0.30
01.02	1	22.4	22.7	0.30
	2	22.7	23	0.30
01.03	1	23	23.4	0.40
	2	23.4	23.6	0.20
01.04	1	23.6	23.9	0.30
	2	23.9	24.2	0.30
02.01	1	28.45	28.8	0.35
	2	28.8	29	0.20
02.02	1	29	29.3	0.30
	2	29.3	29.6	0.30
02.03	1	29.6	29.9	0.30
	2	29.9	30.1	0.20
02.04	1	30.1	30.3	0.20
	2	30.3	30.5	0.20
03.01	1	24.2	24.5	0.30
	2	24.5	24.7	0.20
03.02	1	24.7	25	0.30
	2	25	25.2	0.20
03.03	1	25.2	25.5	0.30
	2	25.5	25.8	0.30
03.04	1	25.8	26.1	0.30
	2	26.1	26.4	0.30
04.01	1	26.4	26.8	0.40
	2	26.8	27	0.20
04.02	1	27	27.3	0.30
	2	27.3	27.6	0.30
04.03	1	27.6	27.7	0.10
	2	27.7	27.9	0.20
04.04	1	27.9	28.1	0.20
	2	28.1	28.45	0.35

*Datos de tratamiento 5*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	39.7	40	0.30
	2	40	40.2	0.20
01.02	1	39.2	39.45	0.25
	2	39.45	39.7	0.25
01.03	1	38.7	38.95	0.25
	2	38.95	39.2	0.25
01.04	1	38	38.4	0.40
	2	38.4	38.7	0.30
02.01	1	40.4	40.55	0.15
	2	40.55	40.7	0.15
02.02	1	40.2	40.3	0.10
	2	40.3	40.4	0.10
02.03	1	40.7	40.85	0.15
	2	40.85	41	0.15
02.04	1	41	41.2	0.20
	2	41.2	41.3	0.10
03.01	1	42	42.15	0.15
	2	42.15	42.3	0.15
03.02	1	42.3	42.45	0.15
	2	42.45	42.6	0.15
03.03	1	41.4	41.5	0.10
	2	41.5	41.6	0.10
03.04	1	41.6	41.8	0.20
	2	41.8	42	0.20
04.01	1	43	43.15	0.15
	2	43.15	43.3	0.15
04.02	1	43.3	43.4	0.10
	2	43.4	43.5	0.10
04.03	1	42.6	42.8	0.20
	2	42.8	43	0.20
04.04	1	43.5	43.65	0.15
	2	43.65	43.8	0.15

*Datos de tratamiento 6*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	11.65	11.9	0.25
	2	11.9	12.15	0.25
01.02	1	11.1	11.4	0.30
	2	11.4	11.65	0.25
01.03	1	12.15	12.4	0.25
	2	12.4	12.7	0.30
01.04	1	12.7	12.9	0.20
	2	12.9	13.15	0.25
02.01	1	15.9	16.2	0.30
	2	16.2	16.5	0.30
02.02	1	15.35	15.65	0.30
	2	15.65	15.9	0.25
02.03	1	13.15	13.35	0.20
	2	13.35	13.6	0.25
02.04	1	13.6	13.85	0.25
	2	13.85	14.15	0.30
03.01	1	17.1	17.35	0.25
	2	17.35	17.55	0.20
03.02	1	16.5	16.8	0.30
	2	16.8	17.1	0.30
03.03	1	14.8	15.05	0.25
	2	15.05	15.35	0.30
03.04	1	14.15	14.6	0.45
	2	14.6	14.8	0.20
04.01	1	17.55	17.8	0.25
	2	17.8	17.95	0.15
04.02	1	17.95	18.2	0.25
	2	18.2	18.4	0.2
04.03	1	18.9	19.25	0.35
	2	19.25	19.45	0.20
04.04	1	18.4	18.7	0.30
	2	18.7	18.9	0.20

*Datos de tratamiento 7*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	27.8	28.1	0.30
	2	28.1	28.3	0.20
01.02	1	28.3	28.55	0.25
	2	28.55	28.85	0.30
01.03	1	28.85	29.1	0.25
	2	29.1	29.3	0.20
01.04	1	29.3	29.55	0.25
	2	27.6	27.8	0.20
02.01	1	32	32.3	0.30
	2	32.3	32.55	0.25
02.02	1	32.55	32.85	0.30
	2	32.85	33.1	0.25
02.03	1	33.1	33.4	0.30
	2	33.4	33.65	0.25
02.04	1	33.65	33.9	0.25
	2	33.9	34.2	0.30
03.01	1	31.45	31.75	0.30
	2	31.75	32	0.25
03.02	1	31.2	31.4	0.20
	2	29.9	30.2	0.30
03.03	1	30.2	30.4	0.20
	2	30.4	30.65	0.25
03.04	1	30.65	30.95	0.30
	2	30.95	31.2	0.25
04.01	1	34.2	34.45	0.25
	2	34.45	34.75	0.30
04.02	1	34.75	35	0.25
	2	35	35.2	0.20
04.03	1	35.2	35.45	0.25
	2	35.45	35.75	0.30
04.04	1	35.75	36.05	0.30
	2	36.05	36.3	0.25

*Datos de tratamiento 8*

<b>Repeticiones</b>	<b>Alícuotas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Consumo</b>
01.01	1	19.6	19.8	0.20
	2	19.8	20	0.20
01.02	1	20	20.2	0.20
	2	20.2	20.5	0.30
01.03	1	20.5	20.8	0.30
	2	20.8	21.1	0.30
01.04	1	21.1	21.4	0.30
	2	21.4	21.8	0.40
02.01	1	14.9	15.1	0.20
	2	15.1	15.4	0.30
02.02	1	15.4	15.6	0.20
	2	15.6	15.9	0.30
02.03	1	15.9	16.1	0.20
	2	16.1	16.4	0.30
02.04	1	16.4	16.6	0.20
	2	16.6	16.85	0.25
03.01	1	16.85	17.2	0.35
	2	17.2	17.55	0.35
03.02	1	17.55	18	0.45
	2	18	18.3	0.30
03.03	1	18.3	18.7	0.40
	2	18.7	19	0.30
03.04	1	19	19.3	0.30
	2	19.3	19.6	0.30
04.01	1	19.6	19.8	0.20
	2	19.8	20	0.20
04.02	1	20	20.2	0.20
	2	20.2	20.5	0.30
04.03	1	20.5	20.8	0.30
	2	20.8	21.1	0.30
04.04	1	21.1	21.4	0.30
	2	21.4	21.8	0.40

*Datos procesados para análisis estadístico*

*Datos procesados de HCN*

<b>HCN</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r4</b>
<b>T1</b>	0.20	0.20	0.22	0.18
<b>T2</b>	0.22	0.25	0.23	0.23
<b>T3</b>	0.22	0.22	0.23	0.22
<b>T4</b>	0.32	0.28	0.30	0.28
<b>T5</b>	0.30	0.15	0.16	0.16
<b>T6</b>	0.28	0.29	0.30	0.26
<b>T7</b>	0.26	0.30	0.28	0.28
<b>T8</b>	0.30	0.26	0.37	0.30

*Datos procesados de CN*

<b>CN</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	<b>r4</b>
<b>T1</b>	0.38	0.38	0.40	0.34
<b>T2</b>	0.40	0.46	0.43	0.43
<b>T3</b>	0.41	0.40	0.43	0.40
<b>T4</b>	0.60	0.51	0.55	0.51
<b>T5</b>	0.55	0.28	0.30	0.30
<b>T6</b>	0.51	0.54	0.56	0.48
<b>T7</b>	0.49	0.55	0.51	0.53
<b>T8</b>	0.55	0.49	0.69	0.55