

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE TECNOLOGIA  
CARRERA DE QUIMICA INDUSTRIAL**



**PROYECTO DE GRADO**

**“COMPUESTOS CIANOGENICOS EN VEGETALES COMESTIBLES (CEREAL, DRUPAS Y TUBERCULOS) Y SU CUANTIFICACION MEDIANTE METODOS OPTICOS”**

**POSTULANTE: FERNANDO TURPO GUTIERREZ**

**TUTOR: PH-D ROMULO GEMIO SIÑANI**

**La Paz - Bolivia**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A Dios mi creador y protector, a mi madre Felicidad Gutiérrez, a mis hermanos en especial a Alfonza y Rosario y por ultimo a mi pareja Carla J.

Por todo su apoyo incondicional que siempre me brindaron.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresando un profundo agradecimiento a mi tutor Ph-D Rómulo Gemio Siñani por haberme dado su incondicional colaboración en lo largo de la elaboración de mi proyecto, transmitiendo, compartiendo sus conocimientos y experiencias en relación al tema del presente proyecto. La cual me permitió llegar a una feliz culminación del mismo.

Así mismo agradecer a mis tribunales Dr. Augusto Vargas Hudson, Lic. Marcelino Martínez Lazo, Lic. Pablo Pacohuanca Escalier y a todos los docentes da la Facultad de Tecnología por la orientación y enseñanza que me ha permitido encaminar adecuadamente en la elaboración del presente proyecto, que los presentamos convencidos de haber puesto nuestro mayor esfuerzo y dedicación, y para que este proyecto sea de ayuda para otros investigadores sobre este tema.

## ABREVIATURAS Y NOMENCLATURA

**A P** Acido Pírico

**Abs.** Absorbancia

**T P F** Tiras de papel filtro

**V C** Vegetales Comestibles

**T R** Tiras reactivas

**G C** GlucósidosCianogénicos

**HCl** ÁcidoClorhídrico

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** Carbonato de Sodio

**CH<sub>3</sub>Cl** Clorometano

**HCN** Acido Cianhídrico

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
--------------	---

### CAPITULO 1

1. INTRODUCCION.....	2
----------------------	---

### CAPITULO 2

2. MARCO TEORICO.....	4
-----------------------	---

2.1 GLUCOSIDOS CIANOGENICOS.....	4
----------------------------------	---

2.1.1 L-TIROSINA.....	5
-----------------------	---

2.1.1.1 PROPIEDADES.....	6
--------------------------	---

2.1.1.2 BIOSÍNTESIS.....	7
--------------------------	---

2.1.1.3 HIDROXILACION DE LA FENILALANINA Y LA TIROSINA.....	7
---	---

2.1.1.4 MICROORGANISMOS.....	8
------------------------------	---

2.1.1.5 EL METABOLISMO DE LA TIROSINA.....	9
--	---

2.1.1.6 LA TIROSINA COMO PRECURSOR.....	9
---	---

2.1.1.7 LAS CATECOLAMINAS.....	10
--------------------------------	----

2.1.1.8 LA TIROSINA COMO TERAPIA.....	11
---------------------------------------	----

2.1.2 L-FENILALANINA DE PRUNASINA.....	11
--	----

2.1.2.1. BIOQUIMICA.....	11
--------------------------	----

<b>2.1.2.2 FUENTES DE FENILALANINA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.3 PATOLOGIAS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.3 L- ISOLEUCINA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3.1 BIOSINTESIS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3.2 CATABOLISMO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.3.3 FUENTES DE ISOLEUCINA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 ESTRUCTURA GENERAL DE LOS GLUCOCIDOS CIANOGENICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1 HIDROLISIS POR <math>\beta</math>-GLUCOSIDASA PARA LA LIBERACION DE HCN.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 GENERACION EL ACIDO CIANHIDRICO Y SU ACUMULACION A NIVELES POTENCIALMENTE TOXICOS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3 BIOSINTESIS DE GLUSIDOS CIANOGENICOS PARA LA FORMACION DE ALDOXIMA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.4 GLUCOCIDOS CIANOGENICOS MONOSACARIDOS IMPORTANTES.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.5 EL ACIDO PICRICO Y SU BASE CONJUGADA.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3. ENFERMEDADES.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1 SALUD Y SEGURIDAD PUBLICA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1.1 EL KONZO O BUKA - BUKA (PIERNAS TIESAS).....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.1.2 LA NEUROPATIA ATAXICA TROPICAL (TAN).....</b>	<b>25</b>

2.3.1.3 LA INGESTION CRONICA.....	26
2.4 CARACTERIZACION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	27
2.4.1 ALMENDRA.....	27
2.4.1.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....	27
2.4.1.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....	28
2.4.1.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....	30
2.4.1.4 USO Y APLICACIONES.....	31
2.4.2 NUEZ.....	32
2.4.2.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....	32
2.4.2.2 TIPOS DE NUECES.....	33
2.4.2.3 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....	33
2.4.2.4 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....	35
2.4.2.5 USOS Y APLICACIONES.....	35
2.4.3 OCA.....	36
2.4.3.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....	36
2.4.3.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....	37
2.4.3.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....	37
2.4.3.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE.....	38
2.4.4 YUCA.....	39

<b>2.4.4.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.4.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.4.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....</b>	<b>41</b>
<b>2.4.4.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE.....</b>	<b>42</b>
<b>2.4.4.5 FACTORES NEGATIVOS DE SU CONSUMO.....</b>	<b>43</b>
<b>2.4.5 RACACHA.....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.5.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.5.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.5.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....</b>	<b>46</b>
<b>2.4.5.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE.....</b>	<b>46</b>
<b>2.4.6 OLLUCO (PAPALISA).....</b>	<b>47</b>
<b>2.4.6.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....</b>	<b>47</b>
<b>2.4.6.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....</b>	<b>48</b>
<b>2.4.6.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....</b>	<b>48</b>
<b>2.4.6.4 USOS Y APLICACIONES DE ESPECIE.....</b>	<b>48</b>
<b>2.4.6.5 FACTORES NEGATIVOS DE SU CONSUMO.....</b>	<b>49</b>
<b>2.4.7 CAÑAHUA.....</b>	<b>50</b>
<b>2.4.7.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....</b>	<b>50</b>
<b>2.4.7.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....</b>	<b>50</b>

<b>2.4.7.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....</b>	<b>52</b>
<b>2.4.7.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE.....</b>	<b>53</b>
<b>2.4.8 WALUSA O MALANGA.....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.8.1 CLASIFICACION CIENTIFICA.....</b>	<b>54</b>
<b>2.4.8.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE.....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.8.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE.....</b>	<b>55</b>

### **CAPITULO 3**

<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>57</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>57</b>

### **CAPITULO 4**

<b>4. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1 EQUIPOS Y REACTIVOS.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.1 UNIVERSO DEL TRABAJO.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.2 EQUIPOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.3 MATERIAL DE VIDRIO Y OTROS.....</b>	<b>59</b>
<b>4.1.4 REACTIVOS.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2 FUNDAMENTO TEORICO DE LOS METODOS UTILIZADOS.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.1 METODO CUALITATIVO.....</b>	<b>60</b>

<b>4.2.2 METODO CUANTITATIVO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.3 ESPECTROSCOPIA ULTRAVIOLETA VISIBLE UV-VIS.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2.3.1 ABSORCION DE ESPECIES MOLECULARES.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.3.2 ABSORCION DE GRUPOS INORGANICOS.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.3.3 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.3.4 VENTAJAS.....</b>	<b>65</b>
<b>4.2.3.5 DESVENTAJAS.....</b>	<b>65</b>

## **CAPITULO 5**

<b>5. PARTE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>66</b>
<b>5.1 UNIDAD DE ANALISIS.....</b>	<b>66</b>
<b>5.2 COLECTA Y REGIONES DE LAS MUESTRAS.....</b>	<b>66</b>
<b>5.3 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS.....</b>	<b>67</b>
<b>5.3.1 DRUPAS: ALMENDRA Y NUEZ.....</b>	<b>67</b>
<b>5.3.3 TUBERCULOS: OCA, YUCA, RACACHA, OLLUCO Y WALUSA.....</b>	<b>68</b>
<b>5.3.4 CEREAL: CAÑAHUA.....</b>	<b>69</b>
<b>5.4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....</b>	<b>69</b>
<b>5.4.1 IDENTIFICACION CUALITATIVA.....</b>	<b>70</b>
<b>5.4.1.1 PREPARACION DE LAS TIRAS DE PAPEL FILTRO (TPF).....</b>	<b>70</b>
<b>5.4.1.2 SOLUCION DE ACIDO PICRICO (AP) ALCALINIZADO.....</b>	<b>70</b>

<b>5.4.1.3 PINTADO DE TPF DE (0,5 X 7) cm CON AP ALCALINIZADO.....</b>	<b>72</b>
<b>5.4.1.4 SECADO DE TPF PINTADAS CON AP ALCALINIZADO O TIRAS REACTIVAS (TR).....</b>	<b>73</b>
<b>5.4.1.5 SOLUCION DE CIANURO DE POTASIO Y ACIDO CLORHIDRICO.....</b>	<b>74</b>
<b>5.4.1.6 PREPARACION DE LAS MUESTRAS PARA SU ANALISIS.....</b>	<b>74</b>
<b>5.4.1.7 DISEÑO DEL SISTEMA A UTILIZAR PARA LA PRUEBA CUALITATIVA DE LAS MUESTRAS.....</b>	<b>75</b>
<b>5.4.1.8 PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS CUALITATIVO DE LAS TR.....</b>	<b>76</b>
<b>5.4.1.9 PREPARACION DE LOS PATRONES PARA LA CURVA ESTANDAR DE CALIBRACION.....</b>	<b>78</b>
<b>5.4.1.2.0 DISEÑO DEL SISTEMA A UTILIZAR PARA LA PRUEBA CUALITATIVA DE LA CURVA DE CALIBRACION.....</b>	<b>79</b>
<b>5.4.1.2.1 RESULTADOS DE LA PRUEBA CUALITATIVA DE LA CURVA ESTANDAR DE CALIBRACION.....</b>	<b>81</b>
<b>5.4.1.2.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA CUALITATIVA DE LAS MUESTRAS.....</b>	<b>82</b>
<b>5.4.2 PROCEDIMIENTO CUANTITATIVO.....</b>	<b>83</b>
<b>5.4.2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA CUANTIFICACION DE LA CURVA ESTANDAR DE CALIBRACION.....</b>	<b>83</b>
<b>5.4.2.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS.....</b>	<b>84</b>

<b>5.5 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>85</b>
---	-----------

## **CAPITULO 6**

<b>6.1 CALCULOS Y RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
---------------------------------------	-----------

<b>6.1.1 ESTUDIO ESPECTROSCOPICO.....</b>	<b>86</b>
---	-----------

<b>6.1.2 APLICACION ANALITICA.....</b>	<b>87</b>
--	-----------

<b>6.1.2.1 CURVA DE CALIBRACION.....</b>	<b>87</b>
--	-----------

<b>6.1.2.1.1 CALIBRACION ABSORBANCIA VS CONCENTRACION.....</b>	<b>87</b>
--	-----------

<b>6.1.2.2 APLICACIONES ANALITICAS A MUESTRAS.....</b>	<b>88</b>
--	-----------

## **CAPITULO 7**

<b>7. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES.....</b>	<b>93</b>
---	-----------

### **COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS CON DATOS**

<b>BIBLIOGRAFICOS.....</b>	<b>93</b>
----------------------------	-----------

## **CAPITULO 8**

<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
--------------------------------	-----------

## **CAPITULO 9**

<b>9. BIBLIOGRAFIA (HARVARD APA).....</b>	<b>96</b>
---	-----------

<b>LIBROS.....</b>	<b>96</b>
--------------------	-----------

<b>CAPITULO DE LIBRO.....</b>	<b>96</b>
-------------------------------	-----------

<b>ARTICULOS EN REVISTAS.....</b>	<b>96</b>
<b>INTERNET.....</b>	<b>97</b>
<b>SEPARATAS.....</b>	<b>99</b>
<b>TESIS.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>100</b>

## RESUMEN

El presente proyecto es un estudio de cuantificación de HCN (Ácido Cianhídrico) provenientes de los glucósidos cianogénicos presentes en los diferentes vegetales comestibles: cereal (cañahua), drupas (almendra y nuez) y tubérculos (oca, yuca, olluco, walusa y racacha). Se han seleccionado para realizar el presente proyecto, ya que estos compuestos estudiados son tóxicos y afectan la salud de la sociedad.

El proyecto se llevó a cabo con el fin de comprobar la presencia de compuestos cianogénicos y también observar su cantidad ya que la concentración de estos compuestos varía del lugar donde son cultivados, los alimentos estudiados en este proyecto son figurados como alimentos directos de consumo, durante la investigación que se realizó se pudo evidenciar que el alimento con mayor concentración de glucósidos cianogénicos es la Walusa, seguido por racacha y luego la yuca estos tres son los que nuestras altos contenidos de dichos tóxicos. La mayoría de estos alimentos provienen de los pueblos donde los cultivan de diferente manera, estos son vendidos a los mercados y de los mercados hacia nuestros hogares para nuestro consumo.

Los glucósidos cianogénicos presentes en dichos alimentos ya mencionado afectan la salud de la sociedad las enfermedades más considerables y que llaman la atención estas son: el konzo (piernas tiesas), neuropatía atáxica tropical que afecta sobre todo a personas mayores de 50 años y una dosis de entre 90 y 210 mg de HCN puede causar la muerte de una persona adulta y la ingestión crónica.

Para este estudio se utilizó dos técnicas el método colorimétrico para la parte Cualitativa y la espectrofotometría para la parte Cuantitativa, cabe mencionar que el presente proyecto es un aporte ya que en el mismo hay alimentos estudiados que no se encuentran en bibliografías.

# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCION

Bolivia es un país mega-diverso en el reino vegetal, en sus Zonas Andinas, Amazónicas, es un centro originario de una gran cantidad de especies alimentarias. Estas especies son tanto endémicas y domésticas por las culturas originarias de nuestro continente, como cultivos introducidos de otras regiones del mundo, en lapsos que comprenden tiempos que van de varios siglos a pocos decenios.

La dieta boliviana está caracterizada por el consumo de alimentos de origen vegetal, tales como cereales, frutas, tubérculos y otros. Los hogares de estatus social más alto, tienen mayor disponibilidad de consumo de todos los grupos alimenticios y por ello, su preferencia es por el consumo de alimentos ricos en grasa y proteínas, llamada ‘dieta occidental’. Los hogares de estatus socioeconómicos más bajo, mayormente prefieren alimentos más baratos aunque existe la tendencia de adopción de dietas occidentales.

Este modelo de dieta asociado a la poca actividad física y el consumo creciente de alcohol y tabaco, además del aumento del estrés, está directamente relacionado con el aumento de peso, ocasionando obesidad y por lo tanto, enfermedades crónicas y degenerativas.

Los compuestos cianogénicos de los alimentos especialmente de los tubérculos está captando el interés de la población ya que no se tiene mayor conocimiento pero existe evidencia científica que los ácidos cianhídricos en los alimentos afectan la salud humana especialmente a personas de la tercera edad y niños.

Los compuestos cianogénicos naturales se han aumentado considerablemente en los Cultivos Andinos, Cultivos Tropicales y Cultivos Amazónicos, en los alimentos que comúnmente se consumen a diario. Estos compuestos cianogénicos también son provocados por los fungicidas o fertilizantes que utilizan en el crecimiento de las plantas en este caso de los tubérculos.

El objetivo de este proyecto es de proporcionar información que hoy en día no es muy conocido acerca de los compuestos cianógenos en los tubérculos de un grupo de alimentos

de origen vegetal comestible del Departamento de La Paz, departamento que se caracteriza por su amplia diversidad. Los alimentos que fueron utilizados para este trabajo son de los diferentes mercados masivos de la ciudad de La Paz donde la gente acude mayormente.

Se encuentran en muchos vegetales, aunque no siempre en las partes comestibles en el caso de la yuca y otros tipos de tubérculos, se encuentran en la raíz, que es la principal parte comestible y hacen necesario un procesado específico para eliminar su toxicidad.

Sin embargo algunas propiedades anti nutricionales han sido asociadas a la presencia de ciertos metabolitos secundarios como por ejemplo los alcaloides, las saponinas, los glucósidos cianogénicos el consumo de éstas disminuye el valor nutricional y provocan problemas en el buen funcionamiento del organismo humano y animal.

Este trabajo es una contribución, un aporte en información de estos compuestos cianogénicos ya que estos son tóxicos nada buenos para la salud de la sociedad especialmente del Departamento de La Paz, como un aporte al cumplimiento de los objetivos del presente Proyecto a través del uso de metodologías para la identificación y cuantificación de los compuestos cianogénicos. Este trabajo intenta servir como una base de datos iniciales para futuras investigaciones tanto en el campo nutricional como en el de tecnología de alimentos.

El presente trabajo estudia alimentos comprendidos en un rango de alturas entre 2000 y 3700 m.s.n.m. en condiciones de humedad y radiación ultra violeta son los que condicionan el metabolismo proporcionado a dichos alimentos propiedades químicas importantes lo que resulta necesario estudiar.

## CAPITULO 2

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 GLUCOSIDOS CIANOGENICOS

El cianuro en cantidad de trazas, está ampliamente distribuido en las plantas, en donde se encuentra en forma de glucósidos principalmente ya que más que un metabolito secundario como se creía, son productos intermediarios en la biosíntesis de algunos aminoácidos. Hay algunas plantas que pueden acumular una alta concentración de este tipo de compuestos como se puede ver en la almendra amarga en la cual se encuentra un alto contenido de amigdalina que fue el primer glucósido cianogénico descubierto.

Cumplen funciones de defensa, como contra predadores de los vegetales, donde se encuentra la síntesis de sustancias potencialmente tóxicas. Entre ellas, algunos vegetales sintetizan glucósidos que liberan cianuro de hidrógeno mediante enzimas, cuando se dañan mecánicamente, o cuando se comen, proceso llamado cianogénesis.

Algunos "tipos biosintéticos" de glucósidos cianogénicos parecen haberse originado muchas veces evolutivamente, mientras que otros parecen haber aparecido una sola vez, y tienen por lo tanto una distribución restringida a sólo algunos taxones emparentados de plantas. La biosíntesis de glucósidos cianogénicos ha sido muy estudiada, observándose que derivan de aminoácidos, los precursores de los glucósidos de importancia en alimentos son:

- L-tirosina
- L-fenilalanina de prunasina
- L-isoleucina

### 2.1.1. L-TIROSINA

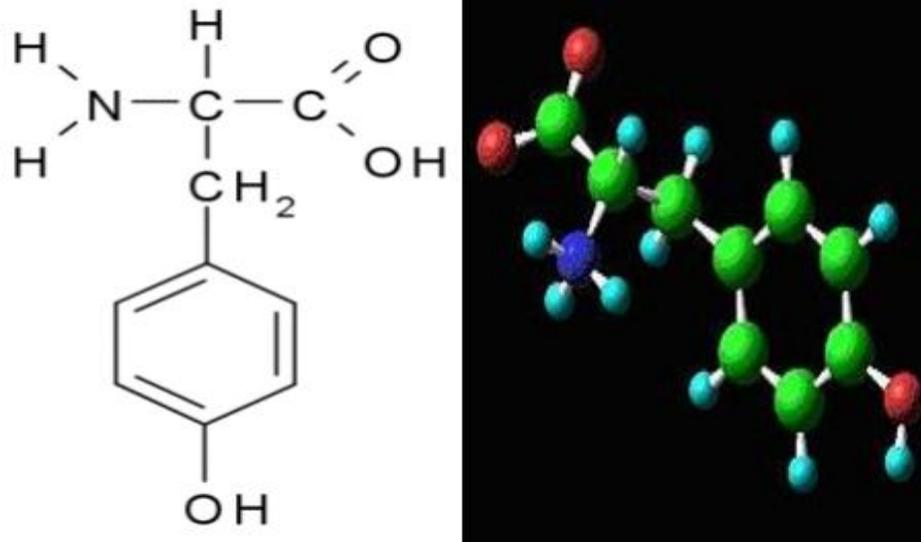


Figura 1. Estructura de L-tirosina

Fuente: Devlin, T. Bioquímica, libro de texto con aplicaciones clínicas. Editorial Reverté. 4<sup>a</sup> edición. Barcelona. 2006.

La tirosina es uno de los 20 aminoácidos que forman las proteínas se clasifica como un aminoácido no esencial en los mamíferos ya que su síntesis se produce a partir de la hidroxilación de otro aminoácido: la fenilalanina. Esto se considera así siempre y cuando la dieta de los mamíferos contenga un aporte adecuado de fenilalanina. Por tanto el aminoácido fenilalanina sí que es esencial.

Como todos los aminoácidos está formado por un carbono central alfa (C $\alpha$ ) unido a un átomo de hidrógeno (-H), un grupo carboxilo (-COOH), un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) y una cadena lateral.

La palabra tirosina proviene del griego *tyros*, que significa queso se llama así ya que este aminoácido fue descubierto por un químico alemán llamado Justus Von Liebig a partir de la proteína caseína, que se encuentra en el queso.

Se conocen tres isómeros distintos del aminoácido tirosina: para-tirosina, meta- tirosina y el orto-tirosina aunque la forma más conocida y estudiada es la para-tirosina o también llamada L-tirosina.

#### **2.1.1.1 PROPIEDADES**

De forma general, las propiedades de los aminoácidos se deben a la naturaleza de su cadena lateral, su reactividad y la conformación de las cadenas proteicas que forman. Lo mismo sucede en la tirosina.

La tirosina es un sólido que forma cristales y que generalmente presenta un color blanquecino, aunque también puede ser incoloro se considera un aminoácido polar y protonable. Aunque normalmente se clasifica como aminoácido hidrofóbico a causa de su anillo aromático, hay que tener en cuenta que también contiene un grupo hidroxilo. Normalmente se encuentra sin carga, aunque a pH muy básico presenta carga negativa.

Se trata de una molécula ópticamente activa, lo cual significa que hace girar el plano de la luz polarizada como la mayoría de los aminoácidos (todos excepto la glicina) presenta una asimetría en el carbono alfa, de manera que no puede superponerse a su imagen en el espejo.

El punto isoeléctrico de este aminoácido, el punto isoeléctrico es el pH en el cual la protonización tiene la misma extensión que la desprotonización por lo que respecta al punto de fusión de la tirosina adquiere valores distintos según el tipo de calentamiento. En calentar la tirosina de forma rápida y en un tubo cerrado se funde descomponiéndose a 342 °C aproximadamente en cambio, en calentar la tirosina de forma lenta se funde a 290 °C.

La masa de la cadena lateral de la tirosina es cercana a los 163,1 Daltons y el promedio de aparición de dicho aminoácido en las proteínas es del 3,5%.

Este aminoácido absorbe la luz ultravioleta la eficiencia en la absorción de la energía lumínica está relacionada con su coeficiente de extinción molar, la absorbancia más usual es de una longitud de onda comprendida entre 260 y 300 nm, debido a su cadena lateral.

Aunque se sabe que a pH elevado (cuando la cadena lateral de la tirosina tiene un  $pK_a = 10$ ) la absorbancia de la tirosina se desplaza hacia longitudes de onda más elevadas (hacia el rojo). Para la solubilización de la tirosina con agua se requiere calentar a  $40^\circ\text{C}$  aproximadamente para alcanzar la solubilización.

### **2.1.1.2 BIOSINTESIS**

La síntesis de la tirosina se puede dar de dos formas distintas en los mamíferos se obtiene a partir de la hidroxilación de la fenilalanina, mientras que en algunos microorganismos se consigue directamente a partir del profenato. El hecho de que la tirosina sea un precursor de catecolaminas (dopamina, adrenalina y noradrenalina), de la melanina y de la tiroxina influye en su síntesis esto es debido a que la producción de tirosina está regulada por la demanda de dichas moléculas.

### **2.1.1.3 HIDROXILACION DE LA FENILALANINA Y LA TIROSINA**

En los mamíferos, la tirosina se sintetiza a partir de un proceso de hidroxilación del aminoácido esencial fenilalanina en esta reacción interviene la enzima fenilalanina hidroxilasa, la cual precisa un cofactor llamado tetrahidropterina. Esta reacción es irreversible ya que no es posible la síntesis de fenilalanina a partir de la tirosina.

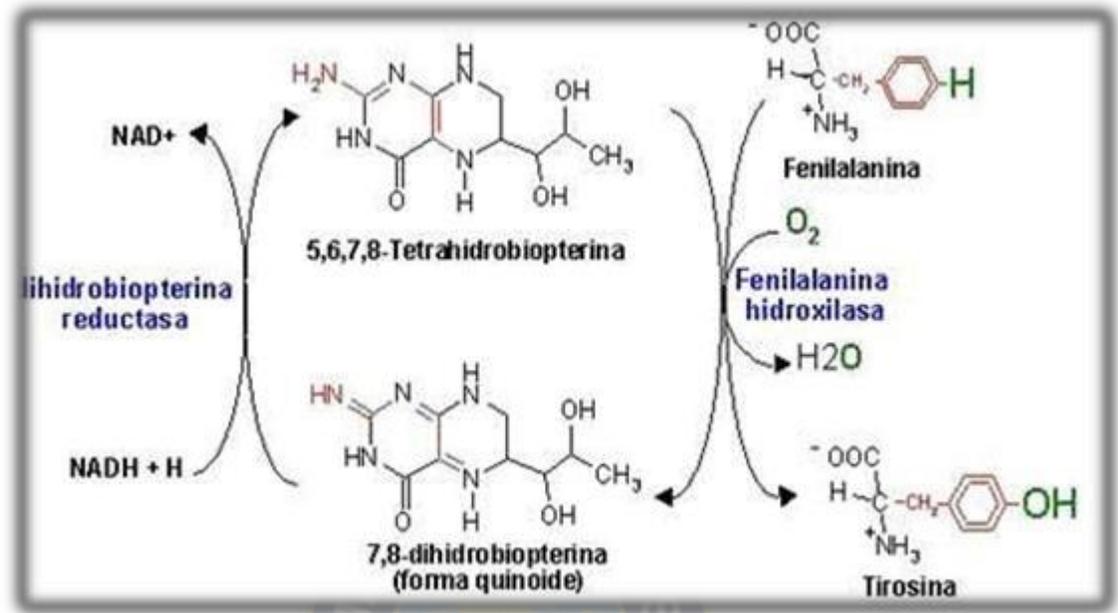


Figura 2. Síntesis de la hidroxilación de un aminoácido

Fuente: Voet, D. y Voet, J. Bioquímica. Editorial Omega. Barcelona 1992.

#### 2.1.1.4 MICROORGANISMOS

En los microorganismos el proceso de obtención de la tirosina es el siguiente:

- Condensación del fosfoenolpiruvato (un intermediario de la glucólisis) con la eritrosa 4-fosfato (un intermediario de la vía de las pentosas fosfato) esta reacción da lugar a un glúcido abierto de siete carbonos.
- Oxidación del glúcido que se había formado. Pierde su grupo fosforilo y forma un anillo de 3-deshidroquinato.
- Deshidratación de dicha molécula para obtener 3-deshidrosiquimato.
- Reducción del 3-deshidrosiquimato a siquimato por la acción del NADPH.
- Fosforilación del siquimato mediante ATP para formar siquimato 3-fosfato.
- Condensación del siquimato 3-fosfato con una molécula de fosfoenolpiruvato para dar lugar a 5-enolpiruvil-intermediario. Esta última molécula pierde su grupo fosforilo y

se convierte en corismato. El corismato es el precursor común de los tres aminoácidos aromáticos.

- Conversión del corismato a pefenato, el precursor inmediato de los anillos aromáticos de los aminoácidos fenilalanina y tirosina. Esta conversión tiene lugar mediante la acción de una mutasa.
- Descarboxilación oxidativa del pefenato para obtener p-hidroxifenilpiruvato.
- Transaminación hasta obtener tirosina.

#### **2.1.1.5 EL METABOLISMO DE LA TIROSINA**

En el metabolismo de la tirosina se producen dos moléculas: fumarato y acetoacetato. Tiene las etapas siguientes:

- Transaminación de la tirosina a p-hidroxifenilpiruvato mediante la acción de una enzima llamada tirosina aminotransferasa.
- Producción de ácido homogentísico a partir del p-hidroxifenilpiruvato este paso tiene lugar a partir de una compleja reacción que incluye una descarboxilación, una oxidación, una migración de la cadena carbonada lateral y una hidroxilación.
- Escisión del anillo aromático del ácido homogentísico mediante la enzima homogentisato oxidasa para obtener maleilacetoacetato.
- Isomerización de la forma cis a la forma trans mediante una reacción catalizada por la maleilacetoacetato isomerasa, que da lugar a fumarilacetato.
- Escisión a fumarato y acetoacetato.

El fumarato puede ser utilizado para producir energía en el ciclo de Krebs (o ciclo del ácido tricarboxílico) o bien para la gluconeogénesis.

#### **2.1.1.6 LA TIROSINA COMO PRECURSOR**

Los aminoácidos son las unidades a partir de las cuales se obtienen péptidos y proteínas pero además actúan como precursores de muchas otras moléculas más pequeñas, pero que desempeñan funciones biológicas importantes y muy variadas.

En el caso de la tirosina, se trata de un precursor de las hormonas del tiroides, de las catecolaminas (la adrenalina, la dopamina, la noradrenalina) y de la melanina.

### 2.1.1.7 LAS CATECOLAMINAS

Una parte del acetoacetato y del fumarato metabolizado a partir de tirosina que no se ha utilizado para la síntesis de proteínas se utiliza para obtener catecolaminas mediante las etapas siguientes:

1. Hidroxilación de la tirosina a partir de una enzima llamada tirosina hidroxilasa, la cual también precisa la biopterina como cofactor. Se obtiene dihidroxifenilalanina, más conocida como DOPA.
2. Descarboxilación de la DOPA mediante la DOPA descarboxilasa, dando lugar a dopamina (un neurotransmisor).
3. En la médula suprarrenal se convierte la dopamina en noradrenalina mediante una reacción de hidroxilación donde actúa la dopamina  $\beta$ -hidroxilasa.
4. También en la médula suprarrenal se convierte la noradrenalina en adrenalina.

Las catecolaminas son conocidas por su regulación de los estados de ánimo. Se ha observado que en niveles bajos de catecolaminas las personas tienden a sufrir ansiedad y depresión.

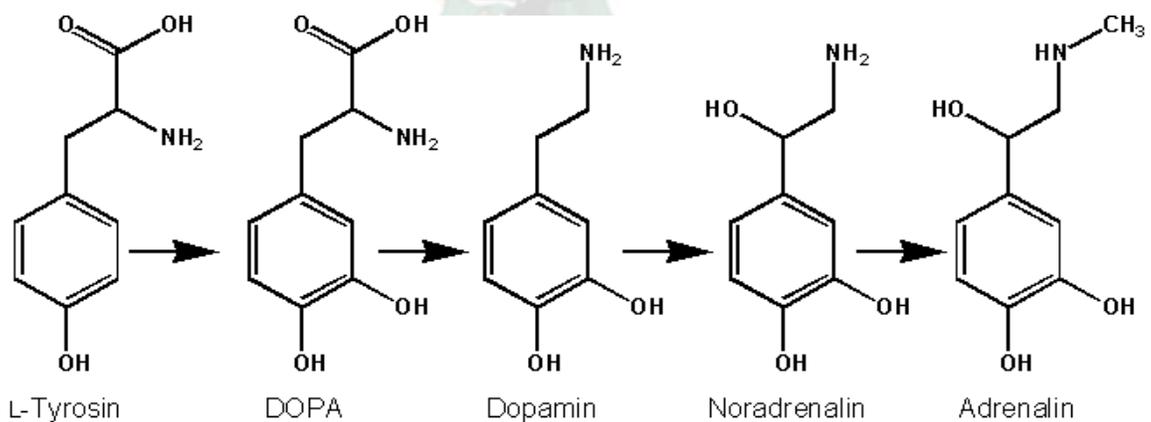


Figura 3. Etapas de las Catecolaminas

Fuente: Stryer, L., Berg J. y Tymoczko, J. Bioquímica. Editorial Reverté.

5ª edición. Barcelona. 2004.

### 2.1.1.8 LA TIROSINA COMO TERAPIA

La tirosina se utiliza terapéuticamente en algunos casos de depresión y estrés también se usa en pacientes esquizofrénicos, ya que se ha visto que en estas personas el transporte de tirosina en los fibroblastos de la piel es más reducido.

### 2.1.2 L-FENILALANINA DE PRUNASINA

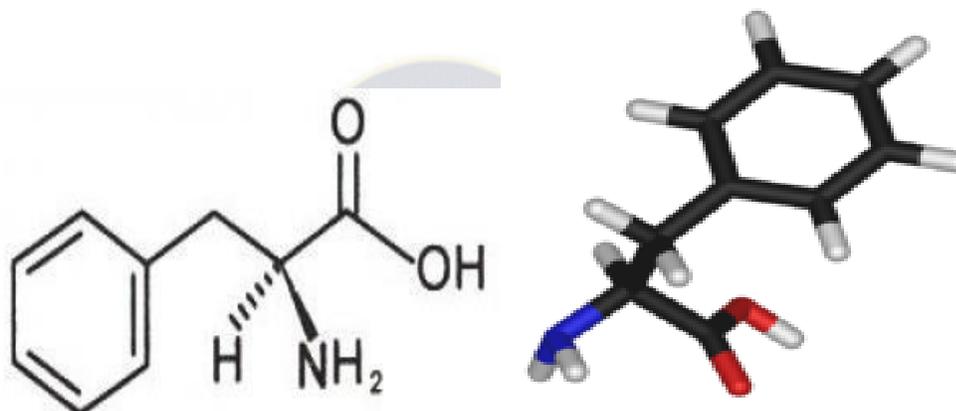


Figura 4. Estructura de la L-fenilalanina de prunasina

Fuente: Albir, M., Serra, A. y Chicote, J. Gran Vox: diccionario químico. Editorial Spes. Barcelona. 2003.

La fenilalanina es un aminoácido (abreviado frecuentemente como Phe o F). Se encuentra en las proteínas como L-fenilalanina (LFA), siendo uno de los 10 aminoácidos esenciales para el ser humano la fenilalanina está presente también en muchos psicoactivos.

#### 2.1.2.1 BIOQUIMICA

La cadena lateral característica de este aminoácido contiene un anillo bencénico, y es por tanto uno de los aminoácidos aromáticos su uso excesivo produce efectos laxantes, junto con la tirosina y el triptófano la L-fenilalanina se puede transformar, por medio de una reacción catalizada por la enzima fenilalanina hidroxilasa, en tirosina la L-fenilalanina es también el precursor de las catecolaminas como la L-dopa (L-3,4-dihidroxifenilalanina), la norepinefrina y la epinefrina, a través de una etapa en la que se forma tirosina. Por otro lado, la L-fenilalanina se encuentra en la estructura de neuropéptidos como la

somatostatina, vasopresina, melanotropina, encefalina, hormona adrenocorticotrópica (ACTH), angiotensina, sustancia P y colecistoquinina.

### **2.1.2.2 FUENTES DE FENILALANINA**

La fenilalanina se encuentra principalmente en alimentos ricos en proteínas; tanto de origen animal como las carnes rojas, el pescado, huevos y productos lácteos; como de origen vegetal como los espárragos, garbanzos, lentejas, cacahuets, soya y dulces así mismo se encuentra en muchas de las drogas psicotrópicas usadas habitualmente. La fenilalanina, debido a su anillo aromático no es edulcorante por sí mismo, necesita estar unido al ácido aspártico para este cometido.

La fenilalanina es parte de la composición del aspartamo, un edulcorante artificial que se encuentra en alimentos dietéticos y es muy habitual en bebidas refrescantes; no se recomienda el consumo de fenilalanina por embarazadas ni pacientes fenilcetonúricos.

Debido a la fenilcetonuria, normalmente los productos que contienen aspartamo llevan una advertencia en el etiquetado sobre la presencia de fenilalanina se ha visto que la fenilalanina tiene la habilidad única de bloquear ciertas enzimas, las encefalinasas en el sistema nervioso central, que normalmente se encargan de degradar las hormonas naturales parecidas a la morfina, estas hormonas se llaman endorfinas y encefalinas y actúan como potentes analgésicos endógenos. La fenilalanina es efectiva como tratamiento para el dolor de espalda baja, dolores menstruales, migrañas, dolores musculares, de artritis reumatoide y de osteoartritis asimismo es usada en tratamientos antidepresivos.

### **2.1.2.3 PATOLOGIAS**

La enfermedad genética fenilcetonuria se debe a la carencia de la enzima fenilalanina hidroxilasa o de la dihidropterina reductasa (DPHR), y esta deficiencia hace que la fenilalanina se degrade en una ruta metabólica alterna hacia fenilpiruvato, un neurotóxico que afecta gravemente al cerebro durante el crecimiento y el desarrollo. Los efectos de la acumulación de este neurotóxico causan oligofrenia fenilpirúvica, caracterizada por un

cociente intelectual inferior a 20 también influye bastante al metabolismo una deficiencia en el metabolismo de la fenilalanina puede producir alcaptonuria, una enfermedad hereditaria que causa orinas negruzcas y frecuentes cálculos renales.

### 2.1.3 L- ISOLEUCINA

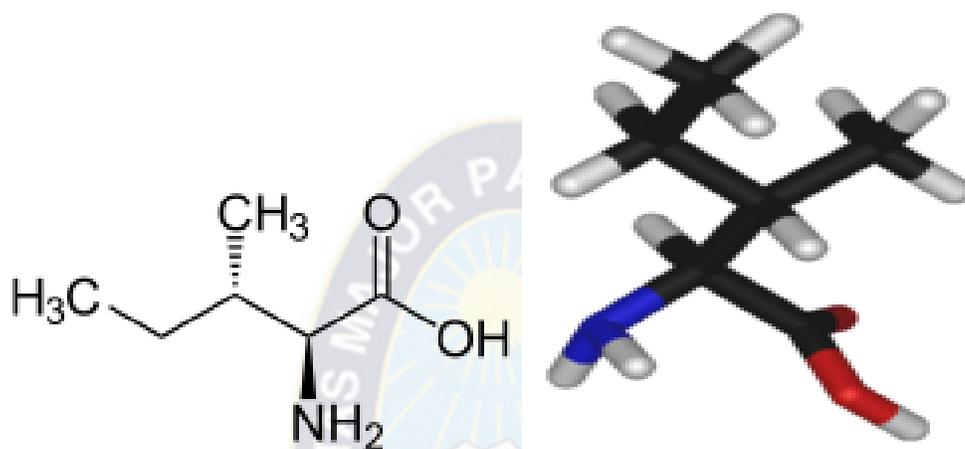


Figura 5. Estructura de la Isoleucina

Fuente: Albir, M., Serra, A. y Chicote, J. Gran Vox: diccionario químico. Editorial Spes. Barcelona. 2003.

La isoleucina es uno de los aminoácidos naturales más comunes, además de ser uno de los aminoácidos esenciales para el ser humano (el organismo no lo puede sintetizar). Su composición física es idéntica a la de la leucina, pero la colocación de sus átomos es ligeramente diferente, dando lugar a propiedades diferentes; su cadena lateral es no polar (por tanto hidrofóbica), un grupo sec-butilo (1-metilpropilo).

#### 2.1.3.1. BIOSINTESIS

Siendo esencial a nuestro cuerpo, ya que no lo podemos sintetizar en cantidades viables, debe ser digerido como un componente de proteínas en plantas y microorganismos, es sintetizado por una vía de varios pasos, comenzando por el ácido pívrico y

$\alpha$ -cetogluturato. Las enzimas involucradas en su biosíntesis incluyen:

- Acetolactato sintasa (también conocido como Ácido Acetohidroxi Sintetasa)
- Dihidroxi-ácido deshidratasa
- Valina aminotransferasa

### 2.1.3.2 CATABOLISMO

Después de una transaminación con  $\alpha$ -cetogluturato, el esqueleto de carbón puede ser convertido en Succinil, y entregado al ciclo del ácido tricarbóxico para oxidación o conversión en Oxaloacetato para la glucogénesis. También puede ser convertido en Acetil y entregado al ciclo del ácido tricarbóxico al condensarse con Oxaloacetato para formar Citrato. En mamíferos, Acetil no puede ser revertido a un carbohidrato pero puede ser usado para sintetizar cuerpos cetónicos o ácidos grasos, por lo que es cetógeno.

### 2.1.3.3 FUENTES DE ISOLEUCINA

A pesar de que no es producido en animales, estos lo tienen almacenado en altas cantidades; estas comidas incluyen huevos, proteínas de soya, algas marinas, pavo, pollo, cordero, queso y pescado.

## 2.2 ESTRUCTURA GENERAL DE LOS GLUCOCIDOS CIANOGENICOS

Los glucósidos cianogénicos tienen como estructura general un grupo nitrilo unido a un carbono que tiene unido a su vez un azúcar mediante un enlace glicosídico y dos grupos distintos que varían dependiendo de cuál sea el glucósido, se encuentran en muchos vegetales, aunque no siempre en las partes comestibles.

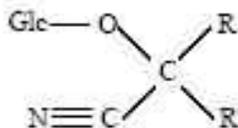


Figura 6. Estructura general del glucósido cianógeno

Fuente: [ftp.fao.org/codex/meetings/CCCF/cccf3/cf03\\_11s](ftp.fao.org/codex/meetings/CCCF/cccf3/cf03_11s).

El glucósido no es tóxico por sí mismo, pero si el HCN generado por la hidrólisis enzimática el cual actúa a nivel del citocromo oxidasa y por consecuencia es un inhibidor de la cadena respiratoria. Sería suficiente ingerir 100 gr de una semilla cruda para tener consecuencias fatales especialmente en niños y ancianos.

Aunque depende de las variedades (las llamadas "dulces" tienen concentraciones menores que las "amargas"), la mandioca contiene una cantidad suficiente de glucósidos cianogénicos (unos 100 miligramos por 100 gramos, como cifra promedio) como para resultar tóxica, especialmente si se consume de forma cotidiana y formando parte sustancial de la dieta.

Por ello, la forma de procesado en los pueblos en los que se consume tradicionalmente incluye su detoxificación, con un conjunto de sistemas que aprovechan, de forma empírica, la presencia del enzima linamarasa. En términos bioquímicos, la ruptura de la compartimentalización por el raspado y triturado en mortero permite que la enzima linamarinasa, una  $\beta$ -glucosidasa, descomponga por hidrólisis la linamarina, produciendo un nitrilo y glucosa. El nitrilo se transforma por la acción de una hidroxinitriloliasa, también presente, en ácido cianhídrico, que se elimina en el líquido extraído por prensado.

El cianhídrico que queda atrapado se elimina a su vez por lavado o por calentamiento, ya que es soluble en agua, y volátil un eventual procesado posterior por fermentación, al bajar el pH, favorecería también su eliminación en el caso de las hojas, que se utilizan en algunas zonas de África como fuente de proteínas, se utiliza una fermentación en medio alcalino como forma de detoxificación el almidón de mandioca, obtenido lavando la raíz molida, recibe el nombre de tapioca, y no contienen cianuro la maneras de ver la concentración en la plantas es a través de los factores tóxicos que los contienen, es mediante el HCN liberado de e los donde es de gran importancia la  $\beta$ -glucosidasa.

Han desarrollado métodos en los cuales adicionan la enzima que hidroliza este tipo de glucósido, no obstante la misma planta en la mayoría tiene su propia enzima, esto se hace con el fin de realizar una adecuada cualificación de los tóxicos.

“Los glucósidos cianogénicos se dan en 2000 especies de plantas por lo menos, muchas de las cuales se utilizan en alimentos el material biológico al ser macerado o dañado puede liberar cianuro por una acción enzimática, generalmente siendo la responsable la  $\beta$ -glucosidasa.

El problema también se presenta en algunas plantas comestibles para humanos o ganado” (Lindner, 1978).

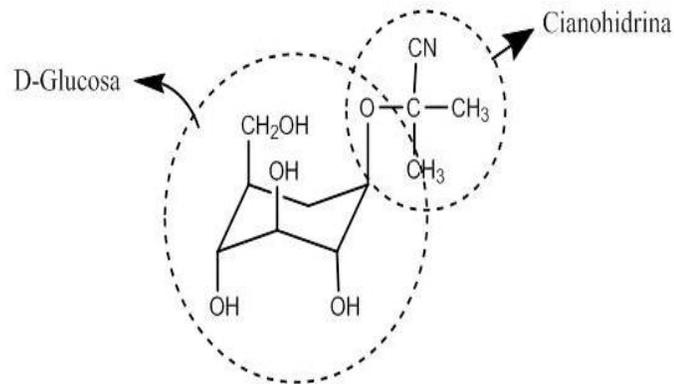


Figura 7. Glucósido Cianogénicos

Fuente: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/toxico/glucosidoscn.html>

El glucósido y la enzima 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 preformado en estos vegetales. Sin embargo, un contacto significativo glucósido-enzima se establece al dañarse las plantas por heladas, granizo, ataque de insectos, pisoteo en terrenos sobre pastoreados, uso de herbicidas hormonales, etc., con lo cual el ganado puede ingerirlas conteniendo ya importantes niveles de HCN preformado. El rápido contacto glucósido-enzima ocurre también cuando los tejidos del vegetal son triturados por la masticación e, igualmente, al ser atacados por la microbiana ruminal.

### 2.2.1 HIDROLISIS POR $\beta$ -GLUCOSIDASA PARA LA LIBERACION DE HCN

La hidrólisis del glucósido por su  $\beta$ -glucosidasa específica desdobra al primero en un azúcar y en hidroxinitrilo; en una segunda fase, otra enzima (una liasa) produce la liberación de HCN, con formación de un aldehído o una cetona. El benzaldehído es responsable del olor a almendras amargas que suele detectarse en cadáveres de animales muertos por intoxicación cianhídrica; debe tenerse presente, no obstante, que muchas personas no pueden detectar tal olor por una particularidad genética.

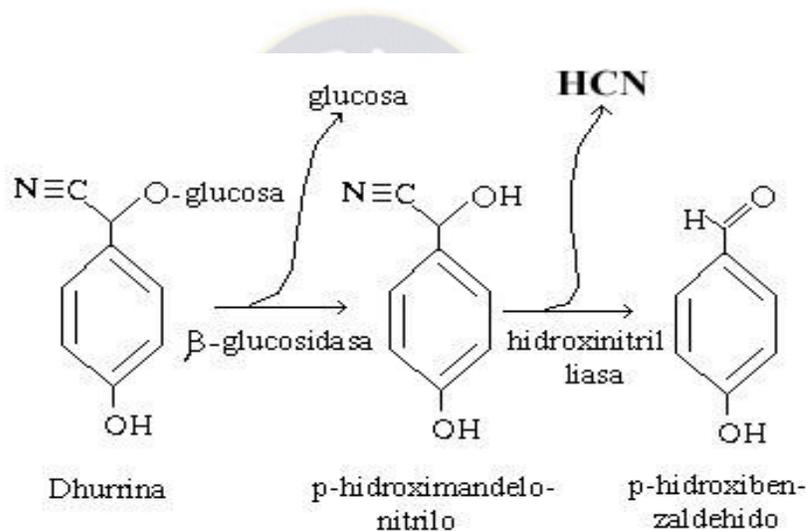


Figura 8. Hidrolisis por  $\beta$ -glucosidasa y liberación de HCN

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/X5032E/x5032E09.html>

En términos generales, las mayores concentraciones de glucósidos cianogénicos se encuentran durante el período de rápido crecimiento primaveral de los vegetales, cuando resultan más peligrosos para el ganado. Sin embargo, existen excepciones a esta regla: en las loteras, por ejemplo, la máxima cianogénesis se ha identificado durante la floración, en tanto que el lino (*Linum usitatissimum*) sólo resulta peligroso al estado de plántula; de allí que el ganado pueda intoxicarse al consumir tortas de lino germinadas.

La cianogénesis tiende a elevarse en terrenos ricos en materia orgánica o fertilizada con nitrógeno; se postula que la deficiencia de fósforo en el suelo también eleva la

cianogénesis. En plantas del género *Triglochin*, por otra parte, se observa mayor cianogénesis cuando vegetan en suelos de escasa humedad; empero, otras plantas resultan peligrosas para el ganado sólo al vegetar en suelos húmedos. La detención del crecimiento de los vegetales y su marchitez por sequía, así como el rápido crecimiento de las plantas tras la lluvia con que finaliza ésta, son factores comúnmente asociados a la ocurrencia de intoxicación cianhídrica.

### **2.2.2 GENERACION EL ACIDO CIANHIDRICO Y SU ACUMULACION A NIVELES POTENCIALMENTE TOXICOS.**

El HCN se libera a partir de la interacción entre un glucósido cianogénico (no tóxico) y una enzima hidrolítica ( $\beta$ -glucosidasa), en un proceso conocido como cianogénesis, el hecho de que el glucósido y la enzima se encuentran en compartimentos diferentes de la planta restringe su contacto y así, la liberación de HCN. Por lo tanto, la ruptura de las células de la planta sería el paso necesario para facilitar la interacción entre estos compuestos y, consecuentemente, para liberar el HCN. En base a lo expuesto anteriormente, cualquier causa que dañe la planta predispondrá a la formación de HCN y, por ende, a un mayor potencial tóxico de la misma.

Existen al menos 55 glucósidos cianogénicos conocidos, se sintetizan a partir de aminoácidos como parte del metabolismo vegetal y, al hidrolizarse, liberan cianuro de hidrógeno (HCN). Los rumiantes son más susceptibles ya que el rumen contiene  $\beta$ -glucosidasa capaz de hidrolizar el glucósido.

La amigdalina (principio tóxico de las almendras y de las pepitas de la manzana) es un ejemplo de glucósido cianogénico.

### **2.2.3 BIOSINTESIS DE GLUCOSIDOS CIANOGENICOS PARA LA FORMACION DE ALDOXIMA**

La biosíntesis de los glucósidos cianogénicos, de la cual un compuesto clave es la formación de la correspondiente aldoxima, ya que dependiendo de la fisiología de la

planta, a partir de este metabolito se puede derivar hacia la formación de un diferente  $\beta$ -glucósido (Eyjolfsson, 1970; Li et al, 1992)

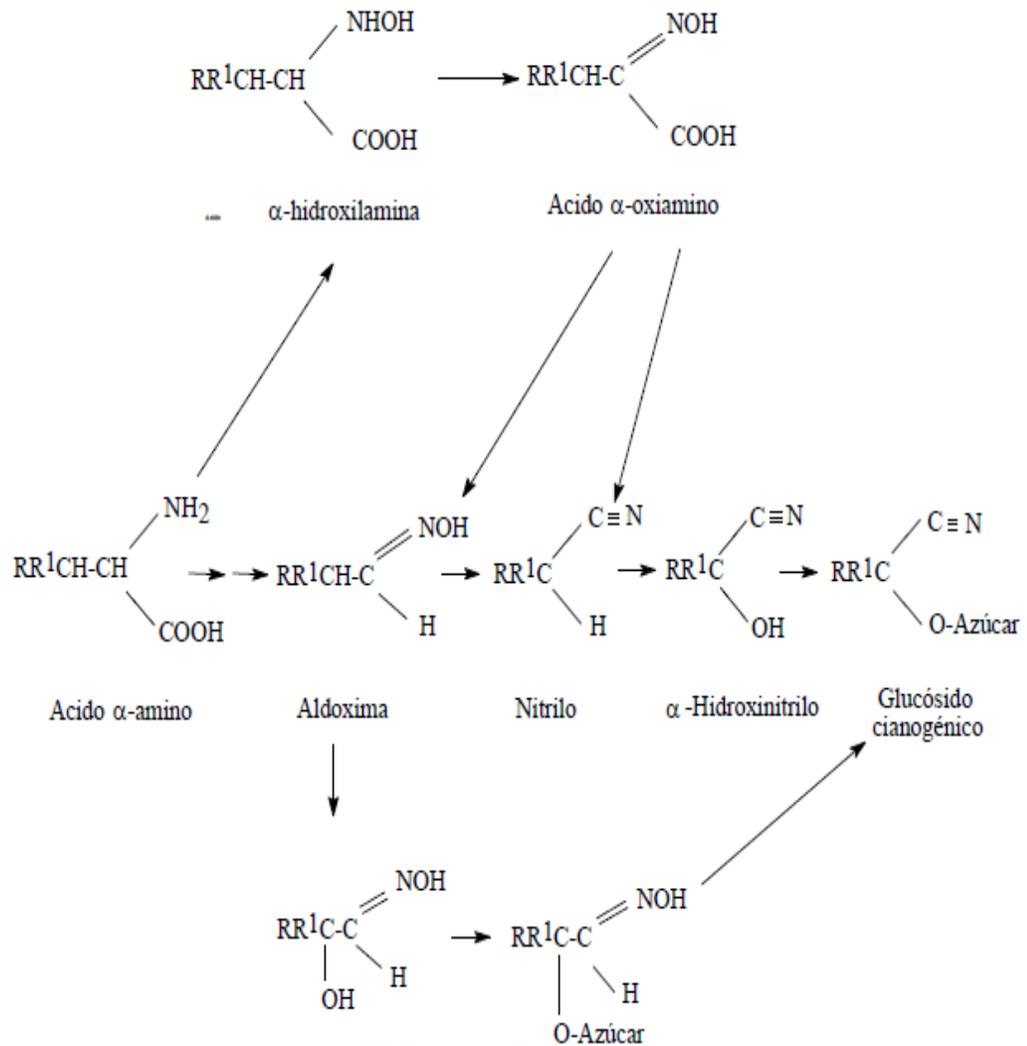
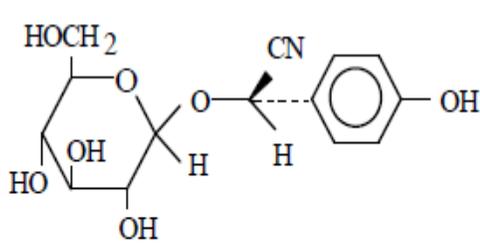


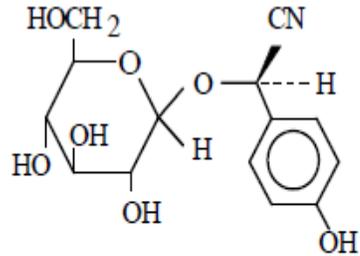
Figura 9. Ruta de biosíntesis de glucósidos cianogénicos

Fuente: <http://es.slideshare.net/vicmorni/toxicologia-de-alimentos-pedro-valle-vega-2000>

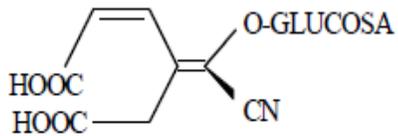
## 2.2.4 GLUCOCIDOS CIANOGENICOS IMPORTANTES



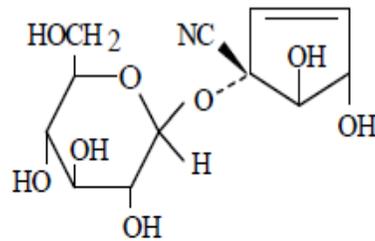
(S)-DURRINA



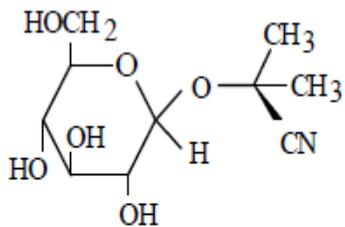
(R)-TAXIFILINA



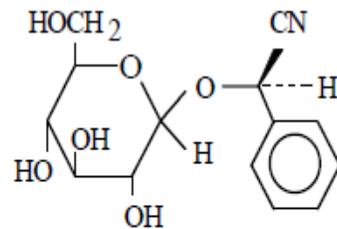
TRIGLOQUININA



GINOCARDINA



LINAMARINA



(R)-PRUNASINA

Figura 10. Estructura de glucósidos cianogénicos importantes

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/toxicolo/toxico/3natural.pdf>

## 2.2.5 EL ACIDO PICRICO Y SU BASE CONJUGADA

El anión picrato, ha sido usado como un reactivo con características de cierto valor en aplicaciones analíticas, lo cual ha permitido desarrollar métodos de laboratorio de detección y cuantificación de muchas sustancias, principalmente creatinina en suero y orina, fenotiazinas, metales e iones cianuro.

El principal atractivo analítico del picrato como reactivo radica en los cambios de coloración que sufre durante la reacción, lo cual puede ser registrado fácilmente y correlacionado con la concentración del analito por determinar, principalmente por la técnica de absorción en el ultravioleta y visible (UV-VIS), debido a su alto grado de enlaces  $\pi$ , lo cual origina altos coeficientes de absortividad molar, y como consecuencia, es posible desarrollar métodos con bajos niveles de detección y cuantificación.

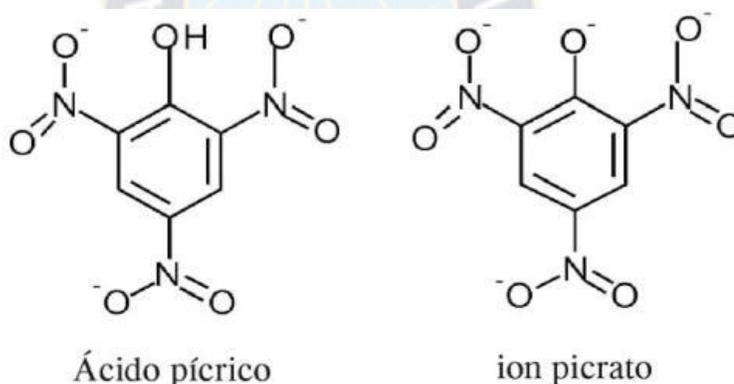


Figura 11. Estructura para el ácido pícrico y su base conjugada, el ion picrato. Fuente: Ashok, M.; Achar, B. Thermal degradation kinetics and solid state, temperature dependent, electrical conductivity of charge-transfer complex of phenothiazine with chloranil and picric acid. Bull. Mater. Sci. 2008.

Los productos de estas reacciones se consideran complejos, formados a partir de interacciones no covalentes entre una molécula dadora y otro aceptor, denominados generalmente complejos de transferencia de carga o de adición. En general, estos compuestos se forman a partir de cantidades equimolares de los compuestos aceptores y dadores, generando normalmente complejos con estequiometría 1:1; sin embargo, otras

estequiometrías son conocidas y en muchos casos indeterminadas, como es el caso de la reacción entre picrato e iones cianuro.

Existen varios tipos de compuestos de adición donde se pueden encontrar aquellos obtenidos con la formación de enlaces covalentes regulares y aquellos en los que interviene la superposición de un orbital con pares de electrones desapareados con un vacío, como es el caso del amoníaco y el trifluoruro de boro. Otro tipo de estos compuestos tienen como rasgo característico el hecho de que el material de partida o molécula de partida permanece en el producto sin aparente cambio importante, con un enlace débil uniendo a dos o más moléculas reactivas. Dentro de una subclase de estos compuestos se encuentran los complejos de transferencia de carga, donde existe una molécula que actúa como donadora de electrones, pertenecientes a pares de electrones desapareados, electrones de sistemas de un doble enlace o sistemas aromáticos, y otra molécula que actúa como aceptor, tales como un ion metal, los compuestos orgánicos insaturados y los halógenos, principalmente  $I_2$ ,  $Cl_2$  y  $Br_2$ .

La importancia de estos tipos de compuestos, como se indicó inicialmente, radica en las coloraciones particulares que presentan, característica esta que ha sido utilizada para la separación, purificación y determinación cualitativa de hidrocarburos aromáticos.

Un ejemplo típico de estos compuestos se encuentra en los complejos formados a partir de ácido pícrico como aceptor. Estos complejos son denominados comúnmente picratos hidrocarbonatos; sin embargo, complejos similares se forman a partir de trinitrobenceno, el cual, a diferencia del picrato, carece de grupos hidróxido sobre el sistema aromático. Un ejemplo de estos compuestos con interacciones con gran aplicabilidad analítica es el formado entre una solución de ácido pícrico, su base conjugada, el ion picrato y el ion cianuro.

Esta reacción toma lugar con un cambio de color que va desde el amarillo, correspondiente al ácido pícrico o el picrato de sodio, a una coloración roja, correspondiente al complejo formado llamado Isopurpurina.

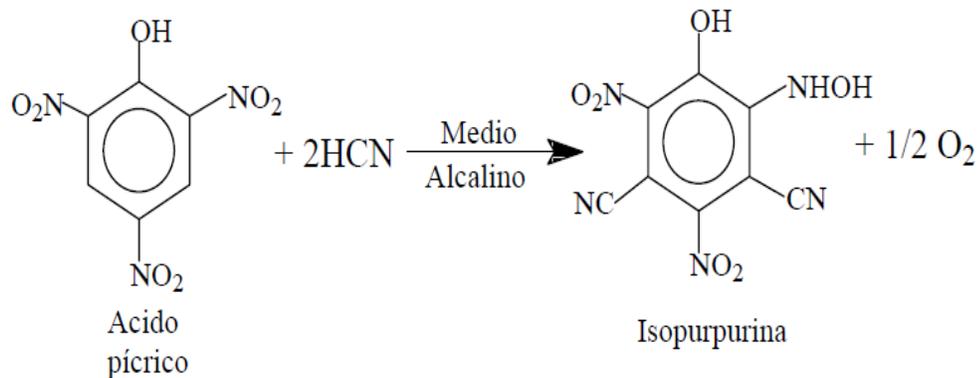


Figura 12. Reacción general para la obtención del complejo buscado

Fuente: <http://www.depa.fquim.unam./Toxicologia/manual.%20de%20toxi.pdf>

Este hecho ha sido aprovechado para el análisis del contenido de ion cianuro en muestras de diferente naturaleza.

## 2.3. ENFERMEDADES

### 2.3.1 SALUD Y SEGURIDAD PUBLICA

La toxicidad de un alimento cianogénico depende principalmente de la posibilidad de que su consumo produzca una concentración de HCN que sea tóxica para las personas expuestas si la planta cianogénica se detoxifica inadecuadamente durante el procesado o la preparación del alimento, el GC en el alimento puede ser tóxico si la planta cianogénica se consume directamente, se puede liberar la  $\beta$ -glucosidasa y entonces se activa hasta que el bajo pH del estómago desactive la enzima, liberando al menos algo del HCN del GC. Es posible que parte de la fracción de la enzima pueda ser reactivada en el entorno alcalino del intestino liberando más HCN del GC. Con respecto a los tubérculos, informes previos han aducido que la ingestión de raíces procesadas deficientemente está asociada con la aparición de neuropatía atáxica (konzo) en diferentes países consumidores.

### 2.3.1.1 EL KONZO O BUKA - BUKA (PIERNAS TIESAS)

La konzo es una enfermedad neurológica inicialmente descrita en África que produce una parálisis espástica rápida (en minutos a horas) de los miembros inferiores (paraparesia); puede comprometer los brazos. Además de la dificultad progresiva para caminar se presenta urgencia o retención urinaria, estreñimiento, dolor lumbar e impotencia. Al examen neurológico se encuentran signos de lesión del sistema cortico-espinal como hiperreflexia, signo de Babinski, clonus y espasticidad. Puede haber dificultad para hablar y visión borrosa durante un mes. Algunos pacientes quedan con disartria y atrofia óptica. La mayoría de los pacientes llegan a necesitar uno o dos bastones y 10% quedan en silla de ruedas.



Figura 13. Niño enfermo de "konzo".

Fuente: Rhind, W. (1865). A History of the Vegetable Kingdom DE Tesis I. Konzo.info.

Facultad de Medicina de la Universidad de Bergen

Los estudios epidemiológicos demostraron que la konzo se debía al consumo excesivo de yuca procesada inadecuadamente, la cual contenía glucósidos cianogénicos que no fueron removidos antes del consumo sumado a una pobre ingesta de proteínas. El konzo es la principal causa de dificultad para caminar en Zaire, país de África Ecuatorial similar a

Colombia no sólo desde el punto de vista geográfico sino desde el punto de vista racial y sociopolítico.

Las únicas dos autopsias de pacientes con konzo fueron hechas en 1937 y no mostraron anormalidades, al igual que las resonancias magnéticas cerebrales realizadas en 1994. Las respuestas motoras a la estimulación magnética transcraneal fueron ausentes tanto en las piernas paralizadas como en los brazos normales. Más de 3700 casos habrían sido confirmados en 1994 y la gran mayoría se presentaron durante el verano y las sequías. No se ha informado ningún caso en niños menores de 2,5 años y la incidencia es mayor en mujeres en edad reproductiva.

Se observaron grandes variaciones geográficas en la ocurrencia de los casos en la mayoría de las regiones afectadas. En casi todas las aldeas afectadas la prevalencia varió de 2% a 5%, mientras que a una distancia de 20 km o menos era 0%. Como casi todos los pacientes eran pobres sólo unos pocos fueron admitidos a hospitales con recursos y personal especializado.

Después de haberse descartado causas infecciosas, degenerativas, hereditarias, virales y retrovirales (todos los casos son seronegativos al HTLV-I y al VIH) la creencia actual es que la konzo es secundaria a un trastorno metabólico resultante de la combinación de una dieta monótona a base de yuca la cual produce cianuro, asociada con una baja ingesta de aminoácidos sulfurados lo cual provee el sustrato para que el cianuro se convierta en tiocianatos.

### **2.3.1.2 LA NEUROPATIA ATAXICA TROPICAL (TAN)**

Es una combinación de mielopatía, atrofia óptica, sordera neurosensorial y polineuropatía periférica simétrica. Los pacientes tienen una marcha de "borracho" (atáxica) y el síndrome progresa lentamente durante años. Afecta por igual a hombres y mujeres y la mayor incidencia es entre los 50 y 60 años. Siempre se presenta en las personas más pobres.

Al examen se encuentra arreflexia osteotendinosa en 80% de los casos e hiperreflexia en el 20% restante debido a una mielopatía asociada. Parece que además de la ingesta prolongada de yuca mal procesada y a la poca ingesta de proteínas hay otros factores alimenticios y/o metabólicos asociados con esta entidad que sin duda existe en Colombia y no se diagnostica o se confunde con otras entidades neurológicas parecidas.

La ingesta de plantas alimenticias constituye una fuente importante de exposición al cianuro especialmente en las clases socioeconómicas bajas de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La yuca es el cuarto producto de cosecha en el mundo tropical y unos 700 millones de personas la consumen. Produce más carbohidratos por hectárea que cualquier otra planta pero con muy baja cantidad de proteínas.

Se aceptó que la harina de yuca causante de la konzo y de algunas de las polineuropatías periféricas en la gente pobre de África Ecuatorial contenía niveles 10 veces más altos de sustancias cianogénicas demostrado por niveles urinarios.

Es bien conocido que algunos animales pueden metabolizar la linamarina a otros compuestos diferentes al cianuro y al tiocianato. Esto es sólo importante desde el punto de vista práctico sino que explicaría también por qué se encuentra en la orina apenas 30% de toda la linamarina ingerida. Es posible que 70% restante se quede dentro del organismo y sería el causante del daño crónico en los seres humanos. En algunos individuos la microflora intestinal puede proporcionar  $\beta$ -glucosidasas capaces de hidrolizar la linamarina, o estas enzimas pueden ser adquiridas a partir de otras fuentes alimenticias.

### **2.3.1.3 LA INGESTION CRONICA**

La ingestión crónica de ácido hidrocianico, a dosis tóxicas subagudas, puede estar implicada en la patogénesis de ciertas afecciones, incluida la alteración de la función tiroidea y neuropatías. Las poblaciones que consumen yuca presentan síntomas oftalmológicos y neurológicos que están asociados con la exposición al ácido hidrocianico, si bien es probable que estén también implicadas otras deficiencias de alimentación o metabólicas que afecten al mecanismo de detoxificación del cianuro (p.ej. deficiencias de sulfato y zinc). Se han considerado también varios estudios

epidemiológicos en poblaciones que consumen yuca, que establecieron una asociación entre la exposición al cinauro y la parapesia espástica, ataxia ambliopia o neuropatía atáxica tropical (TAN) y posiblemente bocio. No obstante, los datos están muy mezclados con otros factores nutritivos y medioambientales. Se carece de estudios de toxicidad a largo plazo en animales alimentados con una dieta que contenga ácido hidrocianico o linamarina.

En general, la base de datos relativa a la toxicidad del ácido hidrocianico y glucósicos cianogénicos es incompleta y limitada, en particular con respecto a la ingestión crónica, si bien puede haber suficientes datos para establecer una dosis de referencia aguda (DRA).

## 2.4 CARACTERIZACION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

### 2.4.1 ALMENDRA (Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Almendra>)

#### 2.4.1.1 CLASIFICACION CIENTIFICA

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales Familia:

Rosaceae Subfamilia:

Amygdaloideae Tribu:

Amygdaleae

Género: Prunus

Subgénero: Amygdalus

Especie: P. dulcis



**Figura 14. Almendra de los mercado.**

**Fuente: Propia**

La almendra es el fruto del almendro (*Prunus dulcis*) posee una película de color canela que la envuelve, además de una cáscara exterior que no es comestible, cuando tiene un

color rosado amarillento, y es de sabor dulce y que representa un peso importante de la almendra, por la cual la parte comestible de este fruto se reduce a un 40%.

El término castellano almendra procede de una arabización de mandorla y ésta de la palabra latina amyndāla, que por su parte es una variación existen una infinidad de variedades que se dividen en dos grandes grupos:

"cáscara blanda" y "cáscara dura", las más corrientes son:

- La Marcona es la variedad más conocida. Una almendra redonda y gorda, dulce y con poco porcentaje de amargor es una de las más utilizadas, la más cara y la más demandada por la industria repostera y turroneira. Desprovista de sus envueltas, se tuesta hasta que adquiere el tono deseado para la elaboración de turrones duros o blandos. Sirve de base para las denominaciones de origen Jijona y Alicante, así como para la denominación de Calidad Mazapán de Toledo y los tradicionales guirlaches aragoneses además de la Tarta de Santiago. Asimismo, al tener en su composición menos aceite, se suele destinar a la producción de almendras fritas.
- La almendra mollar, a la que posee una cáscara blanda fácil de quebrar, y que tiene un cierto porcentaje de almendras dobles.
- La almendra amarga (*Prunus dulcis* var. amara), que es venenosa porque contiene amigdalósido (amigdalina), un glucósido cianogénico. Al masticarlas, amigdalina se encuentra en una proporción de 1 mg por almendra, siendo de 100 g de almendras amargas la cantidad letal para un adulto. La amigdalina se encuentra en menor proporción en los almendruco de almendra y en las semillas de todas las especies del género *Prunus*.

#### **2.4.1.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE**

Raíces: el sistema radicular está constituido por unas pocas raíces de mayor diámetro, que se desarrollan en amplitud y profundidad. Las sucesivas ramificaciones a partir de esas raíces principales originan todo un esqueleto de raíces de diámetro decreciente que terminan en las más recientemente formadas, finas y tiernas, que constituyen en su

conjunto un sistema de gran longitud, integrado por raicillas, las cuales a su vez son las que disponen de los pelos radiculares.

Tronco: el tronco cuando es joven es liso, pasando a ser muy agrietado con el tiempo, siendo este agrietamiento característico de esta especie. La corteza es verde, cuando el árbol es joven, y marrón y grisácea cuando el árbol es adulto.

Órganos fructíferos: ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo, que presentan yemas. Hojas: son de tipo lanceolado, largas, estrechas y puntiagudas, más pequeñas que las del melocotonero, y más planas, de color verde intenso, aunque se observan diferencias apreciables de color entre variedades.

Flor: es pentámera con cinco sépalos, cinco pétalos con colores variables entre blanco y rosado; estos pétalos pueden estar más o menos escotados centralmente, llegando incluso a solaparse en algunas variedades.

Fruto: Drupa con exocarpo y mesocarpo correosos y endocarpo duro.

Semilla: La semilla es el producto de consumo; posee dos tegumentos envolventes difícilmente separables, la testa y el tegmen, que inicialmente son verdosos, pasan a color amarillo y de él a castaño claro y marrón, que va oscureciéndose con el tiempo.



**Figura 15. La almendra, su planta y la forma en la que crece.**

**Fuente: [http:// vizcarraprojectos.com/web/la-castaña-nuez-de-brasil/](http://vizcarraprojectos.com/web/la-castaña-nuez-de-brasil/)**

### 2.4.1.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE

Municipio de Filadelfia: 4344 habitantes, Puerto Rico: 4739 habitantes, departamento de Pando, Municipio de Riberalta: 98706 habitantes, departamento del Beni y por el departamento de La Paz Municipio de Iturralde (ver figura 16) (Población proyectada 2007-2009, INE, Bolivia)



**Figura 16. Ubicación de la región de origen de la almendra**

**Fuente: <http://www.idepro.org/almendra.html>**

Cada año entre diciembre y marzo, cerca de 20000 personas se internan en los bosques, para la cosecha de la almendra que es -en realidad- el recojo de los frutos.

La tarea consiste en levantarlos y quebrar su cáscara al pie del árbol; los cocos tienen entre 20 y 40 almendras dentro todo de acorde al tamaño. Los frutos recolectados se almacenan en grandes bolsas plásticas y se sitúan en galpones rústicos que en el lugar son llamados “payoles” con piso elevado sobre la superficie para facilitar su ventilación.

El almendro tiene su origen en las regiones montañosas de Asia Central la proximidad de las poblaciones silvestres naturales con centros de civilización en las montañas de Asia Central hizo posible su cultivo desde épocas remotas. La difusión a diferentes países asiáticos se vio favorecida por el hecho de que la semilla era al mismo tiempo la unidad

de propagación y la parte comestible. De este modo se distribuyó por Persia, Mesopotamia y, a través de rutas comerciales, por todas las civilizaciones primitivas.

El almendro se cultiva en España desde hace más de 2000 años, probablemente introducido por los fenicios y posteriormente propagado por los romanos, ya que ambos lo hicieron motivo de comercio, como se ha comprobado por los restos hallados en naves hundidas. Su cultivo se estableció al principio en las zonas costeras, donde sigue predominando, pero también se ha introducido hacia el interior e incluso en las zonas del norte, donde el clima no le es muy favorable.

#### **2.4.1.4 USO Y APLICACIONES**

Cada 100 g de almendra común aportan un valor energético de 2409 kJ o 575 kcal, además de las respectivas dosis de vitaminas B1 o tiamina (0,211 mg), B2 o riboflavina (1,014 mg), B3 o niacina (3,385 mg), B5 o ácido pantoténico (0,469 mg), B6 (0,143 mg), B9 o folato (50 µg) y una importante cantidad de vitamina E (26,22 mg).

También es valioso el aporte de minerales esenciales que proveen, como el zinc, hierro, calcio, magnesio, fósforo y potasio.

Como todo fruto seco, es altamente alergénica; motivo por el cual debe evitarse su consumo en caso de alergia a la misma. En la repostería española, la almendra es muy utilizada como ingrediente en la elaboración de postres tradicionales, como los turrones, los mazapanes y las tartas (entre las que destaca la tarta de Santiago), además de los helados y dulces, o como aperitivo.

La almendra también puede ser consumida en la horchata de almendra, el aceite de este fruto es utilizado como emoliente, y la esencia de almendras amargas, en perfumería, por su aroma. También tiene otros usos el almendruco, que es el fruto tierno e inmaduro.

Para los adeptos del Veganismo, la leche de almendra resulta una gran opción en el aporte de proteínas, además de ser ligera y tener un sabor agradable.

La leche de almendra es ideal para las etapas de crecimiento y adolescencia gracias a su aporte de potasio y calcio. El consumo de la leche de almendra reduce el colesterol sanguíneo (lipoproteínas); obteniendo un mayor resultado en comparación con el consumo de aceite de oliva.

## 2.4.2 LA NUEZ (Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/nuez>)

### 2.4.2.1 CLASIFICACION CIENTIFICA

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Juglandaceae

Subfamilia: Juglandoideae

Género: Juglans

Especie: Juglans regia



**Figura 17. La Nuez**

**Fuente: Propia**

La nuez (ver figura 17) es un fruto seco que se encuentra en su mejor momento en otoño. Descubre sus propiedades nutricionales, sus beneficios para la salud y su uso en la cocina. La nuez es el fruto del nogal común el fruto es redondeado, liso, de color verde y de 3-5 centímetros de diámetro. En su interior se encuentra una nuez esférica u ovoide, según la variedad. La nuez se encuentra en el interior de una cápsula que es carnosa y verde cuando está tierna, pero que acaba desjugándose y ennegreciéndose cuando madura. A su vez, la nuez está formada por una cáscara leñosa, dura, rugosa y de color pardo pajizo, que está formada por dos valvas.

El interior de la nuez está dividido en cuatro compartimentos en los que se disponen las semillas que ocupan casi todo el interior del fruto estas semillas son la parte comestible de la nuez y se caracterizan por su sabor dulce, que se mantiene en el paladar después de su consumo. Su forma es irregular, tienen un color blanco amarillento y están recubiertas de una fina piel de color pardo amarillo.

#### **2.4.2.2 TIPOS DE NUECES**

Las variedades de nueces más importantes cultivadas en todo el mundo son: Común, Mayette, Parisienne, Franquette, Hartley, Payne y Eureka las más conocidas por su gran volumen de exportación a todos los mercados son las nueces de California. Estas nueces son grandes, con forma regular y excepcional limpieza, aunque su espectacular presencia no se corresponde con la calidad de su almendra, muy pobre en carne comparada con las nueces europeas.

También entran a formar parte de la dieta humana las nueces producidas por otras especies de nogales diferentes del común, como el nogal gris y el negro la nuez del nogal negro (*Juglans nigra*), originario de América del Este y del Norte e introducido en Inglaterra en el siglo XVII, es de mayor tamaño que la nuez común.

La cáscara que rodea el fruto suele ser muy gruesa y dura, por lo que en Estados Unidos existen cascanueces especiales para romperla sin embargo, la semilla comestible es de buena calidad, posee un sabor bastante intenso y en América del Norte se emplea en confitería y heladería, entre otras aplicaciones culinarias.

La nuez del nogal gris, blanco o ceniciento (*Juglans cinerea*), originaria de América del Norte, se consume muy localmente este fruto, de forma elipsoidal, es muy pegajoso y se encuentra recubierto de pelos tiene una punta corta y la cáscara es bastante dura, aunque no resulta difícil de romper además, posee un sabor muy agradable.

### 2.4.2.3 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE

Planta: árbol vigoroso de 24 a 27 m de altura y cuyo tronco puede alcanzar de 3 a 4 m de diámetro copa ramosa, extendida, de forma esférica comprimida tronco derecho, cubierto con una corteza cenicienta y gruesa, en las ramas jóvenes lisa de color rojo oscuro en las viejas agrietada y parda.

Sistema radicular: sistema radicular muy desarrollado formado por una raíz principal pivotante y un sistema secundario de raíces someras y robustas. Raíces notablemente extendidas, tanto en sentido horizontal como vertical.

Hojas: grandes, imparpinnadas, de color verde opaco, glabras, de olor agudo y desagradable, bastante ricas en taninos, como todas las demás partes de la planta. Las hojuelas, de cinco a nueve, son ovales, en general enteras, con los nervios inferiormente salientes, de pecíolo corto, opuestas o casi opuestas, de 6 a 12 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho.

Yemas: de tamaño variable, ovales redondeadas, finamente tomentosas y cubiertas exteriormente por dos escamas que envuelven más o menos completamente a las más tiernas. Las yemas terminales son erguidas, las laterales patentes y todas colocadas sobre una ancha cicatriz foliar elevada.

Flores: monoicas por aborto. Flores masculinas dispuestas en amentos largos, de 6 a 8 cm, casi siempre solitarios, de color verde pardusco e insertas en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior, que en la floración están desprovistas de hojas. Las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de una a cinco, en espigas terminales encima de los ramillos del año corriente y son llevadas por un pedúnculo corto y grueso.

Fruto: nuez grande, drupáceo, con mesocarpio carnoso y endocarpio duro, arrugado en dos valvas, y el interior dividido incompletamente en dos o cuatro celdas; semilla con dos o cuatro lóbulos y muchos hoyos.



**Figura 18. La nuez, su planta y la forma en la que crece.**

**Fuente: <http://indufrut.nueces.com/>**

#### **2.4.2.4 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE**

La producción mundial es de 1200000t aproximadamente y China es el primer país productor hay varias hipótesis sobre el origen del nogal, su espontaneidad está probada en zonas asiáticas y su difusión en Europa, en cuanto al árbol cultivado, se debió a los romanos, donde se supone que las legiones llevaron la planta a las regiones del Rin, en Alemania, así como a España. A continuación pasó a Francia e Inglaterra en lo que es Bolivia se la puede ver crecer en la zona de los Yungas y otros lugares de igual clima.

El nogal fue llevado a América por los navegantes españoles y adquirió su mayor difusión en California; en el hemisferio sur su introducción es de época más reciente en la actualidad el nogal se cultiva sobre todo en el sur de Europa, donde su calidad es superior a los cultivos comerciales de otros continentes, la India, regiones septentrionales del Japón, de la China, América del Sur y en general, en todas las regiones del mundo, de clima atemperado.

#### 2.4.2.5 USOS Y APLICACIONES

La nuez se consume generalmente en crudo, sola o combinada con algún otro alimento, habitualmente miel. Incluso constituye un postre típico, junto con el queso, en todas las sidrerías vascas.

La nuez se incluye como ingrediente en numerosos platos elaborados con hortalizas, en distintos rellenos, en la pasta o las salsas que la acompañan, y en numerosos platos orientales. Incluso forman parte de numerosos postres tradicionales y regionales, como la nogada aragonesa.

Además de ser uno de los frutos secos más apreciados por su agradable sabor, se utiliza también la nuez para la obtención de productos derivados. Entre ellos, el más destacado es el aceite de nuez, cuyo sabor es muy agradable y más dulce que el del aceite de oliva. Se utiliza generalmente para el aliño de ensaladas.

#### 2.4.3 LA OCA (Fuente: <http://www.peruecologico.com.pe/flo.ocal.htm>)

##### 2.4.3.1 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Geraniales
Familia:	Oxalidaceae
Género:	Oxalis
Especie:	O. tuberosa



**Figura 19. La oca.**

**Fuente: Propio**

La oca (en quechua: uqa ) papa oca o ibia (*Oxalis tuberosa*) (ver figura 19) es una planta que se cultiva en la puna de los Andes centrales y meridionales y entre los 3000 y

los 3900 msnm en los Andes septentrionales, es un tubérculo dulce comestible rico en almidón.

#### **2.4.3.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE**

Planta herbácea anual, con hábito de crecimiento erecto en las primeras etapas, para ser decumbente o postrada en la madurez las hojas son trifoliadas; los tubérculos tienen formas elipsoidales, claviformes y cilíndricas, con yemas en toda la superficie y de colores variados, amarillo, blanco, rojo y morado la inflorescencia consta de cuatro a cinco flores y cada flor tiene cinco pétalos amarillos con rayas moradas, 10 estambres y un pistilo de tamaño variable: la estructura floral facilita la polinización cruzada. Se cultiva principalmente en temperaturas que varía de 7 a 10 °C donde se obtiene altas producciones. Requiere las mismas condiciones ecológicas que la papa, pero presenta mayor rusticidad, lo cual la hace más tolerante a las heladas. En lo referente a las condiciones edafológicas, crece muy bien en suelos livianos. Presenta un extenso periodo vegetativo de 210 a 240 días.

#### **2.4.3.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE**

También conocida como apiha, apiña, apilla, kawi (en aymara), lamaki (enkallawalla), timbo, quiba, papa roja o huisisai; la oca es un cultivo tradicional de la región andina como sustituto y complemento de la papa.

Aunque tarda más en alcanzar la madurez, y tiene en consecuencia un rendimiento menor, la oca es más resistente que la papa a las plagas, y garantiza por lo tanto una producción estable.



**Figura 20. La oca, su planta y su forma en la que crece.**

**Fuente: <http://marcaperujosecarlosmaria.tegui.blogspot.com/2012/12/alimentos-andinos.html>**

La producción de la oca, que se realiza especialmente en Bolivia, Perú y Ecuador, aparte de la papa, con más de 30000 ha plantadas en donde se cultivan unas 32000 hectáreas es la aportación más significativa de la agricultura, especialmente de la zona de Los Andes. En la mayoría de las zonas rurales, constituye un medio para luchar contra el hambre. Depende mucho de los productores, para luchar contra la pobreza y generar recursos con esta clase de artículos que son de primera necesidad.

#### **2.4.3.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE**

La oca es un valioso recurso nutricional de la región andina es una fuente importante de carbohidratos, calcio, fósforo y hierro su alto contenido de almidón, minerales y ácidos orgánicos permite numerosas aplicaciones, como por ejemplo la panificación y la extracción de alcohol mediante la fermentación.

El uso más frecuente es el alimenticio, en la elaboración de platos de diferentes gustos y tradiciones, ya que puede comerse hervida, cocida al horno, frita, encurtida, con vinagre o en ensaladas frescas además, el zumo es refrescante y sirve para quitar manchas por contener oxalato de potasio.

Algunas ocas son ligeramente dulces, especialmente luego de haber sido expuestas al sol por algunos días por su variedad de colores es un producto que atrae al consumidor, y por su sabor constituye una alternativa para variar el menú tradicional de la papa. Los usos medicinales de la oca son múltiples, entre los más reconocidos está su efecto astringente, que produce una acción cicatrizante, antiinflamatoria y antihemorrágica.

El zumo de las hojas sirve para el dolor de los oídos y el emplasto es utilizado para desinflamar los testículos en las zonas rurales de los Andes la oca constituye un medio para luchar contra el hambre.

Sin embargo, en algunos rincones del mundo, principalmente en los países desarrollados, califican a la oca como exótica y la emplean en la cocina gourmet la oca constituye una opción para renovar y enriquecer nuestro menú.

#### **2.4.4 LA YUCA** (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Manihot\\_esculenta](http://es.wikipedia.org/wiki/Manihot_esculenta))

##### **2.4.4.1 CLASIFICACION CIENTIFICA**

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Malpighiales  
Familia: Euphorbiaceae  
Subfamilia: Crotonoideae  
Tribu: Manihoteae  
Género: Manihot  
Especie: Manihot sculent



**Figura 21. La yuca.**

**Fuente: Propia**

Manihot esculenta, llamada comúnmente yuca, e internacionalmente reconocida como mandioca, tapioca, guacamota (del náhuatl *cuaucamohtli* en México) (ver figura 21), las euforbiáceas extensamente cultivado en Sudamérica, África y el Pacífico por sus tubérculos con almidones de alto valor alimentario.

La producción mundial de yuca está estimada en 184 millones de toneladas, la mayoría de la producción se encuentra en África, donde crecen 99,1 millones de toneladas; después en Asia, con unos 51,5 millones y 33,2 millones en América Latina.

#### **2.4.4.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE**

Planta: La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 m de altura. Se pueden agrupar los cultivares en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50-2,50 m) y altos (más de 2,5 m).

Tallo: El tallo puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Según la variedad, el tallo podrá tener ninguna, dos, o tres o más ramificaciones primarias, siendo el de tres ramificaciones el mayoritario en la yuca. Las variedades de ramificación alta, es decir, a más de 100 cm, facilitan las labores de escarda. El grosor del tallo se mide a 20 cm del suelo y puede ser delgado (menos de 2 cm de diámetro), intermedio (2-4 cm) y grueso (más de 4 cm). Al carácter del grosor del tallo se le ha asociado el alto rendimiento en raíces de reserva. Los entrenudos pueden ser cortos (hasta 8 cm), medios (8-20 cm) y largos (más de 20 cm).

Hojas: de forma palmipartida, con 5-7 lóbulos, que pueden tener forma aovada o linear. Son simples, alternas, con vida corta y una longitud de 15 cm aproximadamente. Los peciolo son largos y delgados, de 20-40 cm de longitud y de un color que varía entre el rojo y el verde. La epidermis superior es brillante con una cutícula definida. Según la defoliación en la estación seca, las variedades de yuca se pueden retener algo de follaje, o gran parte de follaje (60% aproximadamente).

Flores: es una especie monoica por lo que la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que

las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores masculinas son más pequeñas.

Sistema radicular: Comprende la corteza externa, la corteza media y la corteza interna y el cilindro central, estela, pulpa o región vascular. La corteza externa llamada también súber o corcho, corresponde un 0,5-2,0% del total de la raíz. La industria del almidón prefiere aquellas variedades de adherencia débil.

La corteza media está formada por felodermis sin esclerénquima. Posee un contenido en almidón bajo y en principios cianogénicos altos. Constituye un 9-15% del total de la raíz. La corteza interna está constituida por parte del parénquima de la corteza primaria, floema primario y secundario. Por último, el cilindro central está formado básicamente por el xilema secundario.

La raíz reservante no tiene médula y pueden ser raíces de pulpa amarilla, crema y blanca. El rendimiento de raíces por planta suele ser de 1-3 kg, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta 5-10 kg/planta.

#### **2.4.4.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE**

La yuca o mandioca es endémica de las regiones con clima tropical de Bolivia en lo que es La Paz por los Yungas y otros lugares de clima similar esto en los diferentes departamentos también en países como: Brasil, Colombia, Ecuador, México, Panamá, Perú, República Dominicana, Venezuela, Argentina y Paraguay ha sido cultivado con gran éxito también en naciones africanas de similares condiciones climatológicas, y aunque se estima que las variedades hoy conocidas son efecto de la selección artificial, hay variedades generadas por el aislamiento geográfico de la selva (casabe, que es altamente venenosa) al de los altiplanos (yuca, mínimamente venenosa).



**Figura 22. La yuca, su planta y la forma en la que crece.**

**Fuente:** <http://www.sweettropicalcr.com/yuca.html>

#### **2.4.4.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE**

La presencia de elementos cianogénicos, como por ejemplo la linamarina en la raíz, hace que la misma sea inutilizable y venenosa en algunas variedades, sin una prolongada cocción, necesaria además para reducir la rigidez de la pulpa. Aunque la variedad llamada *Manihot aipi* (considerada a veces una subespecie de *M. esculenta*) contiene concentraciones elevadas de elementos venenosos, estos desaparecen al hervirla.

Alternativamente, la raíz puede rallarse en crudo, tras lo cual es prensada para extraer el jugo potencialmente tóxico (ácido cianhídrico - HCN).

Una vez secada al fuego o al sol, se muele para obtener una harina fina y delicada de la que se obtiene, por sedimentación, el almidón de mandioca y de éste se obtiene la tapioca, también llamada casabe. Mediante este procedimiento se hacen comestibles incluso las variedades "amargas" que tienen alto contenido de toxinas ciertas

culturas africanas maceran la raíz en agua hasta su fermentación para eliminar las toxinas antes de secarla y molerla.

La raíz fresca debe consumirse en un plazo breve, ya que debido a su alto contenido de almidones se descompone rápidamente por la acción de diversos microorganismos. Congelada o envasada al vacío se conserva durante meses en buen estado.

#### **2.4.4.5 FACTORES NEGATIVOS DE SU CONSUMO**

La yuca contiene cantidades pequeñas pero suficientes para causar posibles molestias de sustancias llamadas linamarina y lotaustralina. Estos son glucósidos cianogénicos que se convierten en ácido prúsico (cianuro de hidrógeno), por la acción de la enzima linamarasa, que también se encuentra presente en los tejidos del tubérculo.

La concentración del ácido prúsico puede variar de 10 a 490 mg/kg de tubérculo fresco. Las variedades de yuca "amarga" contienen concentraciones más altas, especialmente cuando estas se cultivan en zonas áridas y en suelos de baja fertilidad.

En las variedades llamadas "dulce" la mayor parte de las toxinas se encuentra en la cáscara. Algunas de estas variedades se pueden hasta comer crudas después de pelarlas - como si fueran zanahorias. Sin embargo en muchas de las variedades más frecuentemente cultivadas, que son amargas, la toxina también se halla presente en la carne feculenta del tubérculo, especialmente en el núcleo fibroso que se halla en el centro.

Los tubérculos de yuca también contienen cianuro libre, hasta el 12% del contenido total de cianuro. La dosis letal de cianuro de hidrógeno no combinado para un adulto es de 50 a 60 mg, sin embargo la toxicidad del cianuro combinado no es muy conocida.

Los glucósidos se descomponen en el tracto digestivo humano, lo que produce la liberación de cianuro de hidrógeno. Si se hierve la yuca fresca, la toxicidad disminuye muy poco. El glucósido linamarina es resistente al calor, y la enzima linamarasa se inactiva a

75

°C.

## 2.4.5 LA RACACHA (Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/arracacha>)

### 2.4.5.1 CLASIFICACION CIENTIFICA

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Apiales
Familia:	Apiaceae
Subfamilia:	Apioideae
Tribu:	Selineae
Género:	Arracacia



**Figura 23. La Racacha.**

**Fuente: Propia**

La racacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) (ver figura 23) es una hortaliza que se produce en los valles interandinos y otras regiones del país, siendo importante en la alimentación por la fácil digestión de sus almidones y por ser rica en calcio, fósforo, fierro, niacina, vitamina A, piridoxina-B6, riboflavina-B2, ácido ascórbico, proteínas, fibras y carbohidratos; características que le otorgan un potencial alimentario y económico.

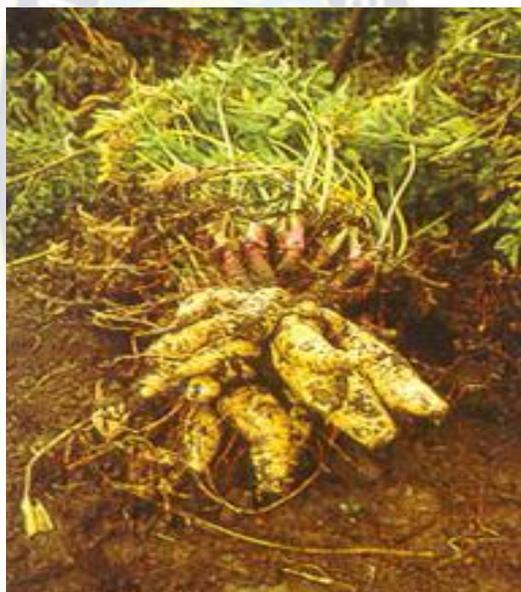
### 2.4.5.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE

Es una planta herbácea de porte bajo que puede alcanzar hasta 1,5 m de altura. En relación a la producción de raíces tuberosas es una planta anual, y bianual en relación a su ciclo vegetativo, razón por la cual raras veces completa este periodo en siembras comerciales.

La cosecha se realiza entre 10 y 12 meses de siembra donde la planta es extraída antes de la floración. La propagación para fines comerciales es esencialmente vegetativa.

Las hojas presentan de tres a cuatro folíolos laterales opuestos y uno terminal, que miden hasta 50 cm la coloración de las hojas y el pecíolo varía de verde a rojo, de acuerdo con el clon. El tallo es un tronco corto cilíndrico, vertical y rizomatoso que alcanza hasta 10 cm. de altura y capaz de dividirse en la parte superior.

Entre el tallo y las raíces se encuentra una corona que da origen a la parte aérea y a las raíces tuberosas. En la parte superior de la corona aparecen ramificaciones conocidas como hijuelos, brotes, hijos o propágulos, utilizados para la propagación vegetativa, en número variable de 10 a 30 y de donde nacen las hojas la parte subterránea está constituida principalmente por las raíces tuberosas, en número que varía entre 4 y 10, emergen de la parte inferior de la corona.



**Figura 24. La racacha, su planta y la forma en la que crece.**

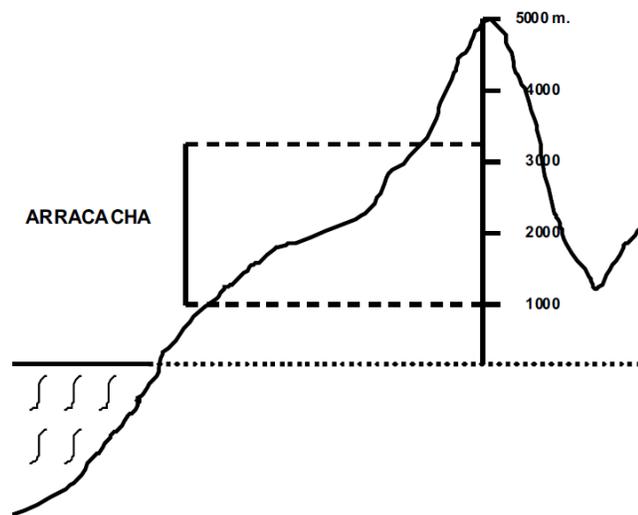
**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Arracacia\\_xanthorrhiza](http://es.wikipedia.org/wiki/Arracacia_xanthorrhiza)

Las raíces son ovoides, cónicas o fusiformes, con una longitud de 5 a 25 cm y con un diámetro entre 3 y 8 cm las plantas que producen raíces de color amarillo tienen, generalmente, ciclo vegetativo más largo, presentan mayor resistencia a las adversidades climáticas y producen raíces más grandes.

Las plantas de raíces blancas o rojas son menos resistentes a las variaciones climáticas y a veces producen raíces menores, siendo más precoces y con raíces de consistencia más suave y preferidas por los consumidores.

### 2.4.5.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE

La racacha criollo, racacha, virraca, zanahoria blanca o mandioquiña salsa o Gengibre (*Arracacia xanthorrhiza*) es una planta alimenticia, originaria de los Andes y cultivada actualmente en Bolivia el cultivo se desarrolla principalmente en San Juan de La Miel, en la Provincia de Nor Yungas, a 200 km de La Paz, donde se estiman 170 hectáreas de cultivo. Colombia, Brasil, Perú, Venezuela y Ecuador entre los 1000 y 3200 msnm. Pertenece a la familia de las apiáceas, al igual que la zanahoria (*Daucus carota*) y el apio (*Apium graveolens*).



**Figura 25. Límites de altura en la que crece la racacha.**

**Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Arracacia\\_xanthorrhiza](http://es.wikipedia.org/wiki/Arracacia_xanthorrhiza)**

#### 2.4.5.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE

La racacha se cultiva principalmente por su raíz reservante que es de sabor agradable y de fácil digestibilidad, ya que posee un almidón muy fino, alto contenido de calcio y vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo. Su principal inconveniente es su corta vida de almacenamiento y su vulnerabilidad a sufrir daños durante el transporte. Dado su valor nutricional el consumo de arracacha es recomendado en la dieta alimenticia de niños, ancianos y convalecientes. Aunque la arracacha es más conocida por sus raíces, ninguna parte de esta planta queda sin aprovecharse. Los tallos y las hojas se usan como alimento para animales y las hojas, que tienen un alto contenido de oxidantes, también se usan en muchas aplicaciones medicinales tradicionales.

La racacha generalmente se comercializa en estado fresco para preparaciones caseras de sopas, purés, pasteles y dulces, pero en Colombia y Brasil a partir de ésta se han desarrollado algunos productos transformados como harina, arracacha frita, arracacha precocida, sopas instantáneas y alimentos infantiles; en Perú se produce un dulce típico denominado “ra lado de arracacha”, el cual es elaborado con miel de caña.

En Venezuela se emplea mayormente en los sancochos de res, pollo, gallina o mondongo y se le denomina apio.

## 2.4.6 EL OLLUCO (PAPALISA)

(Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ullucus\\_tuberosus](http://es.wikipedia.org/wiki/Ullucus_tuberosus))

### 2.4.6.1 CLASIFICACION CIENTIFICA

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Basellaceae
Género:	Ullucus
Especie:	U. tuberosus



**Figura 26. El Olluco (papalisa)**

**Fuente: Propia**

*Ullucus tuberosus* (ver figura 26) es la única especie del género monotípico *Ullucus*, perteneciente a la familia Basellaceae es una planta herbácea originaria de la región andina de Sudamérica. Se le conoce con los nombres de olluco (del quechua ulluku), melloco, chugua (en Colombia) y, en la zona sur andina del Ecuador, Perú, Bolivia, y Argentina, como papa lisa o simplemente lisa.

### 2.4.6.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE

La papalisa tiene un período de cultivo que varía de 5 a 8 meses, dependiendo de las variedades, y en las zonas más altas utiliza hasta 9 meses. La producción promedio está entre los 5 y 9 t/ha; además el tubérculo puede ser guardado durante varios meses en la sombra.

Altura: Es una hierba perenne que puede crecer hasta los 50 cm de altura, adquiriendo un hábito rastrero al final de su desarrollo.

Tallo: Las variedades cultivadas de papalisa tienen tallos cortos y compactos, mientras que en las silvestres son largos y delgados

Hojas: Hojas pecioladas, alternadas, puntiagudas y de colores variables

Flores: Crecen en inflorescencias axilares, son muy pequeñas y tienen forma estrellada.

Tubérculo: Desarrolla al final de las raíces adventicias y su forma varía de esférica a cilíndrica. Posee atractivos colores como el blanco, amarillo, verde claro, rosado, anaranjado, violeta o morado, que brillan debido a la capa de cera que lo recubre. Puede ser consumido sin la necesidad de quitarle la piel

#### **2.4.6.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE**

Es nativa del Altiplano, donde se cultiva por su tubérculo y hojas comestibles se cultiva a más de 2800 msnm en Bolivia, Colombia (Principalmente en el Departamento de Nariño), Ecuador y Perú, pudiéndose también encontrar en Argentina y Chile.

#### **2.4.6.4 USOS Y APLICACIONES DE ESPECIE**

El olluco tiene propiedades cicatrizantes su uso constante puede mejorar las lesiones en la piel ocasionadas por el acné, los tubérculos del ulluco se consumen con más frecuencia hervidos que de otro modo, ya que su alto contenido de agua (un 85% cuando frescos) dificulta otras preparaciones. La piel es delgada y se quita con facilidad, pero puede consumirse junto con la pulpa, de color pálido, firme, lisa y suave, sin rastro de fibra; la textura ligeramente gomosa del tubérculo crudo desaparece con la cocción.

Se los utiliza enteros como guarnición, rallados, en puré, o molidos para espesar sopas y estofados, Se los prepara también en conserva; no modifican así su textura ni su sabor, aunque el color se empalidece.

La necesidad de aderezarlos de este modo es poca en origen, pues se conservan durante muchos meses a temperatura ambiente, pero es el método más habitual para la exportación en la preparación tradicional andina se los emplea para hacer una especie de chuño,

llamado llingli, que a su vez se muele para preparar una fécula fina y delicada. Secos, su sabor se intensifica, y el aroma nogado de su pulpa se hace más perceptible.

La composición nutricional del tubérculo fresco es de un 85% de humedad, un 14% de almidón y azúcar, y un 1% de proteínas. Seco, el 72-75% es de carbohidratos, 10-16% proteínas, 4-6% fibra y alrededor de un 1% lípidos; aportan así unas 360 calorías por 100 g. Contiene además 23 mg de vitamina C. Las variaciones en el aporte nutricional son marcadas entre cultivares.

#### **2.4.6.5 FACTORES NEGATIVOS DE SU CONSUMO**

Aunque la resistencia del ulluco y la facilidad de su plantación la hacen una excelente alternativa a la papa y un cultivo prometedor para los pequeños productores, la larga duración de la maduración es uno de los factores que juega en su contra, así como sus elevados requisitos de período diurno.

El principal problema para su expansión, sin embargo, es la elevada presencia de infecciones virales en la mayoría de las plantas; puesto que no se reproduce de semilla, sino por esquejes, la difusión mecánica de los virus afecta hasta al 80% de los ejemplares, según los últimos estudios.

Cuatro especies diferentes lo atacan: el virus del mosaico de Ullucus (*Potyvirus* sp.), una especie de Tobomavirus, el virus del mosaico de la papaya (*Potexvirus* sp.) y el virus C del ulluco (*Comovirus* sp.). Estos causan pérdida de vivacidad y deformaciones, y resultan sumamente difíciles de erradicar.

## 2.4.7 LA CAÑAHUA (Fuente: <http://alimentos-andinos.galeon.com/canihua.html>)

### 2.4.7.1 CLASIFICACION CIENTIFICA

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Chenopodioideae

Tribu: Chenopodiea

Género: Chenopodium

Especie: *Chenopodium pallidicaule*



**Figura 27. Cañahua.**

**Fuente: Propia**

La cañahua (ver figura 27) es un grano muy nutritivo perteneciente al igual que la quinua a la familia de las Quenopodeaceas considerado dentro del grupo de cereales, la cañahua es de menor altura que la quinua y más oscura su tamaño oscila entre 20 y 60 cm, pero a diferencia de la quinua, esta no contiene saponinas.

### 2.4.7.2 MORFOLOGÍA DE LA ESPECIE

Raíz: la cañahua posee una raíz principalmente pivotante que llega alcanzar normalmente profundidades de 15 a 30 cm llegando a sobrepasar estas dimensiones cuando la humedad en el suelo es favorable; mientras, los diámetros de las raicillas laterales son muy delgadas y pequeñas; así mismo, la raíz principal es muy pronunciada formada a partir de la radícula de la semilla adaptados para obtener agua y nutrientes. Son sistemas ramificantes que a menudo son más complejos que las partes aéreas de la misma planta, tienen una forma más o menos cónica con una coloración ligeramente blanquecina o crema.

Tallo: El tallo de esta especie presenta estrías, su coloración varía desde amarillento hasta morado oscuro, glabrescente, siendo una característica bastante notoria la presencia de gran cantidad de tallos secundarios que emerge del tallo principal a escasa altura del suelo, especialmente en las cañahuas con hábito de crecimiento “Lastas” lo que le da una apariencia de ser abierta, totalmente diferente a la quinua.

Hojas: Las hojas de esta especie son alternas y dimorfas en las ramas las hojas terminales son sésiles, angostas, ovadas y de láminas gruesas; mientras, las hojas centrales y basales son pecioladas de ápice obtuso, trinervadas, trilobadas con tres a cinco dientes densamente cubiertas por pelos vesiculosos que le dan la apariencia de verde ceniciento en su estado juvenil.

Al alcanzar la madurez fisiológica se tornan de colores amarillo, morado, rosado y anaranjado debido a los pigmentos de antocianina, betacianina y xantofilas que adquieren los diversos ecotipos.

Flores: Las flores de la cañahua son sesiles cuando empiezan a florecer y con presencia de pedicelo bastante notorio después de producirse la fecundación, llegando a ser más pronunciado a medida que van madurando los frutos.

Fruto: el fruto de esta especie es un aquenio, el mismo que es caduco, cuando llega a la madurez fisiológica cayendo inmediatamente. Está cubierto por el perianto persistente, el pericarpio es delgado no leñoso de colores muy variables, que llega a variar desde ceniciento hasta pardo oscuro con tendencias al color de la planta y cubre totalmente la semilla aún después del trillado.

#### **2.4.7.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE**

Carrasco (1988), considera que existe una mayor concentración de cultivos de la cañahua en la parte Nor Este del altiplano que conforman Bolivia y Perú.

En Bolivia éste cultivo es cultivada en el departamento de La Paz y en algunas zonas de Cochabamba. La cañahua es cultivada solo en el Perú y Bolivia en las Punas situadas entre

los 3500 a 4000 m.s.n.m. En el Perú se cultiva en el departamento de Puno y en Bolivia en las inmediaciones del Lago Titicaca hasta el Sur del lago Poopó la cañahua en Bolivia se cultiva bajo condiciones de subsistencia familiar, las localidades donde su cultivo tiene mayor importancia se encuentran en las provincias Los Andes, Aroma y Pacajes del departamento de La Paz; Tapacari y Arque en el departamento de Cochabamba; Dalence, Cercado, Sabaya y Ladislao Cabrera del departamento de Oruro. (La Fuente, 1980).

Se señala que el cultivo de la cañahua es una especie poco cultivada por los bajos rendimientos que presenta y fundamentalmente por el inconveniente de tener muchos granos pequeños, se conoce poco o nada de su capacidad genética, del manejo del cultivo, la plasticidad adaptativa y la estabilidad fenotípica, causas por lo que no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Bolivia y Perú.

En nuestro país, se cultiva en el departamento de La Paz, en el área de Pacajes, las zonas altas de la provincia Omasuyos y alrededor de Independencia en el departamento de Cochabamba en estas áreas, la cañahua ha tenido éxito por sus características agronómicas de notable resistencia a las bajas temperaturas.



**Figura 28. La cañahua, su planta y la forma en la que crece.**

**Fuente: <http://animalesyplantasdeperu.blogspot.com/2008/02/la-caihua.html>**

#### 2.4.7.4 USOS Y APLICACIONES DE LA ESPECIE

La cañahua tiene un alto valor nutricional, además que se produce en regiones del altiplano lejanas donde no se cultiva ningún otro cereal, entonces les ayuda a sobrevivir a los pobladores para su sustento diario, tiene un alto valor proteico de 15,3 g en 100 g asimismo contiene una importante cantidad de lisina un aminoácido esencial que el organismo no lo puede producir y lo tiene que tomar de la dieta, tiene también fenilalanina y triptofano otros importantes aminoácidos esenciales, tiene contenido de carbohidratos complejos como el almidón.

Se considera como alimento nutraceutico por su importante cantidad de aminoácidos esenciales, su buena fuente proteica por su bajo índice glicémico oséa que lo pueden consumir los diabéticos, además de contener casi en proporciones parecidas a las de la quinua minerales como calcio, fósforo y hierro y alto contenido de tiamina o vitamina B1, ahora la pregunta ¿por qué consumir cañahua en vez de quinua? Porque la cañahua no contiene saponinas, esas piedritas negras que contiene la quinua. Las semillas de cañahua son generalmente tostadas y molidas para formar una harina marrón que es consumida con azúcar o añadida a las sopas, también es usada combinándose con la harina de trigo para la elaboración de panes, tortas, y budines.

También se prepara como una bebida caliente similar al chocolate caliente, la cual es muy vendida en las calles de Cuzco y Puno en el Perú y eso ayuda a darnos energía y a protegernos del frío.

La cañahua también se prepara en papillas para la alimentación de los lactantes mayores de 6 meses, se pueden elaborar galletas para ser consumidas en las loncheras escolares.

## 2.4.8 LA WALUSA O MALANGA (Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/malanga>)

### 2.4.8.1 CLASIFICACION CIENTIFICA

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Liliopsida  
Subclase: Monocotyledoneae  
Orden: Alismatales  
Familia: Araceae  
Género: Colocasia  
Especie: *C. esculenta*



**Figura 29. La Walusa (Malanga).**

**Fuente: Propia**

Nombres comunes: Walusa japonesa en Bolivia, papa japonesa en otros países (ver figura 29) en los Yungas de Bolivia existe una confusión entre la denominada papa japonesa o taro (*Colocasia esculenta*) a la que también denominan walusa japonesa y la walusa propiamente dicha (*Xanthosoma sagittifolium*). La walusa Varios autores coincide que el origen de la walusa está ubicado en los trópicos americanos y específicamente en la zona de las Antillas, y que luego se trasladó al oeste del continente americano.

Cuando los europeos llegaron al continente americano, encontraron este producto desde el sur de México hasta Bolivia. Entre los países de América Central o del Sur, en la zona de las Antillas se ha encontrado la mayor cantidad de variedades de este producto.

### 2.4.8.2 MORFOLOGIA DE LA ESPECIE

Es una planta herbácea de comportamiento perenne si no se la cosecha, tiene un tallo principal subterráneo corto, del que brotan ramificaciones secundarias, laterales, horizontales, engrosadas, comestibles y que se las conoce como comerlos.

Los comerlos tiene una corteza de color marrón oscuro y la pulpa es blanca o amarilla según la variedad y tienen nudos de donde nacen las yemas en su base, las hojas forman un pseudo tallo cilíndrico corto; los peciolo son largos y acanalados; la lámina es grande; de las hojas salen inflorescencias, la duración del ciclo de crecimiento es de 270 a 330 días durante los seis primeros meses se desarrollan cormos y hojas. (Zavala, 2001).

#### **2.4.8.3 DISTRIBUCION DE LA ESPECIE**

En Bolivia se encuentra desde la región de los Yungas paceños hasta la zona de Ixiamas en la provincia Iturrealde la walusa tiene utilización muy variada; se consumen cocidos, fritos, o como harina para algunos usos. Es utilizado como sustituto de la papa en sopas o estofados, tiene un contenido de almidón superior al de la yuca.

Las hojas verdes de algunos ecotipos de malanga, con bajo contenido de oxalatos pueden consumirse cocinados como hortalizas. Su elevado contenido de fósforo y calcio la hacen un nutrimento útil, sin embargo su consumo y popularidad han sido desplazados por la papa.



**Figura 30. La walusa, su planta y su forma en la que crece.**

**Fuente:** <http://www.ecured.cu/index.php/Malanga>

## CAPITULO 3

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar la presencia de compuestos cianógenos mediante métodos ópticos en diferentes VC (cereal, drupas y tubérculos) de consumo humano, generando información para los consumidores.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Proponer una técnica cualitativa de identificación de HCN.
- Proponer una técnica espectrofotométrica de cuantificación de HCN.
- Determinar HCN provenientes de compuestos cianogénicos en el cereal, drupas y tubérculos.
- Cuantificación de cianuro en muestras de diferentes tubérculos, cereal y drupas.
- Analizar resultados y seleccionar los alimentos con mayor concentración de compuestos cianógenos.

## **CAPITULO 4**

### **4. MATERIALES Y METODOS**

#### **4.1 EQUIPOS Y REACTIVOS**

##### **4.1.1 UNIVERSO DEL TRABAJO**

El presente proyecto se la realizó en el Instituto de Investigaciones de Productos Naturales (IIPN) perteneciente a la Carrera de Química de la Facultad de Ciencias Puras ubicada en Zona Sur en el campus universitario de la UMSA en Cota Cota.

Este lugar tiene la capacidad de realizar este y muchos proyectos cuentan con lo necesario tanto en reactivos como materiales químicos, es más cuenta con los equipos necesarios para los proyectos a realizar.

También se realizó algunas pruebas en la Carrera de Química Industrial de la Facultad de Tecnología.

##### **4.1.2 EQUIPOS DE LABORATORIO**

- Estufa
- Baño maría electrónica con temperatura controlada
- Espectrofotómetro UV-VIS
- Balanza Analítica de precisión 0,01g
- Peachimetro
- Calculadora científica

#### 4.1.3 MATERIAL DE VIDRIO Y OTROS

- Tubos de ensayo con capacidad de 10 ml
- Vasos precipitados de 50, 100 y 250 ml
- Probeta de 50 y 100 ml
- Vidrio de Reloj
- Varilla de Vidrio
- Tubos de ensayo con capacidad de 10 ml con tapa rosca
- Cajas Petri
- Mortero con pistilo
- Pipetas graduadas de 1, 2, 5 ml
- Matraz aforado de 50, 100 y 250 ml
- Tijeras
- Papel Filtro Whatman N<sup>o</sup> 1
- Regla
- Pinzas de acero inoxidable
- Cuchillo
- Gradilla para tubos
- Tabla para cortar muestras
- Gotero

#### 4.1.4 REACTIVOS

- Agua destilada
- Ácido Pírico ( $C_6H_3N_3O_7$ )
- Ácido Clorhídrico concentrado (HCl)
- Cianuro de potasio (KCN)
- Carbonato de Sodio ( $Na_2CO_3$ )
- Clorometano ( $CH_3Cl$ )

#### 4.2 FUNDAMENTO TEORICO DE LOS METODOS UTILIZADOS

Los métodos utilizados para este proyecto es una combinación de dos técnicas: la cualitativa con lo que es colorimetría y la otra es la cuantitativa realizada mediante el método óptico (espectrofotómetro UV-VIS).

##### 4.2.1 METODO CUALITATIVO

Como ya conocemos la química analítica cualitativa se encarga de identificar ya sea elementos metálicos, sales, complejos y otros lo hace manifestándose mediante colores, este análisis utiliza el ( $CH_3Cl$ ) para facilitar la volatilización del cianuro el cual reacciona con la solución de picrato-alcalino impregnada en una tira de papel de filtro Whatman N<sup>o</sup> 1. El cambio de color y de intensidad formado en la tira de papel de filtro se utiliza como referencia para una detección cualitativa del cianuro potencial liberado en la raíz de los tubérculos (Williams, H. J. y Edwards, T. G. 1980).

##### 4.2.2 METODO CUANTITATIVO

Esta área de la química analítica cuantitativa se encarga de cuantificar los elementos metálicos y compuestos químicos, es de gran utilidad en este campo de la química el

contenido de cianuro total en raíces de los tubérculos analizados en este proyecto y puede ser determinado utilizando también la solución de picrato. El análisis consiste en la autohidrólisis dentro de un frasco cerrado, la cual produce un cambio en la coloración de las tiras de papel de filtro. El color formado en la tira de papel de filtro es el complejo que se quiere encontrar llamado Isopurpurina se lo disuelve en agua y luego es cuantificado por medio del espectrofotómetro.

#### 4.2.3 ESPECTROSCOPIA ULTRAVIOLETA VISIBLE UV-VIS

La región UV está definida en el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm. Es una región de energía muy alta, por lo que provoca daño al ojo humano, así como quemaduras comunes en la piel y en algunos casos puede producir cáncer.

En la región VIS, la cual se encuentra comprendida entre 400 y 700 nm, apreciamos el color visible de una solución y que corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite, no que absorbe. El color que absorbe es el complementario del color que transmite. Por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesario utilizar la longitud de onda en la que absorbe luz la solución coloreada.

Cuando la materia absorbe energía de la región UV-VIS se producen transiciones de tipo electrónico (ver Figura 31).

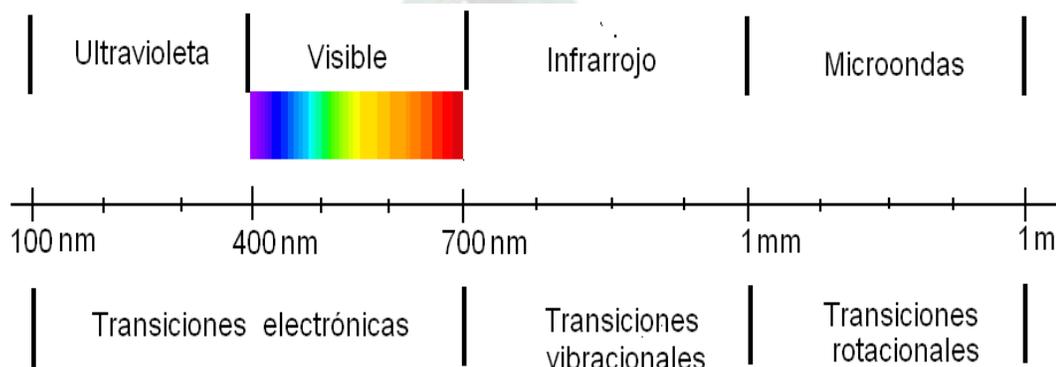


Figura 31. Porción de la representación gráfica del espectro electromagnético de la región del UV hasta la región del microondas.

Fuente: <http://www.uhu.es/quimiorg/uv2.html>

La absorción molecular de la radiación en la región UV-VIS del espectro electromagnético, depende de la estructura electrónica de la especie absorbente, como por ejemplo átomos, moléculas, iones o complejos.

Esta se da cuando se hace incidir un haz de luz ultravioleta o visible sobre la molécula absorbente aumentando su energía hasta la energía ( $h\nu$ ) del fotón incidente, lo cual produce una transición electrónica desde un estado energéticamente menor a otro mayor. Luego de esto, emite un fotón con la misma cantidad de energía absorbida.

La unión de todas las transiciones se representa por medio de un conjunto de bandas llamado espectro de absorción molecular.

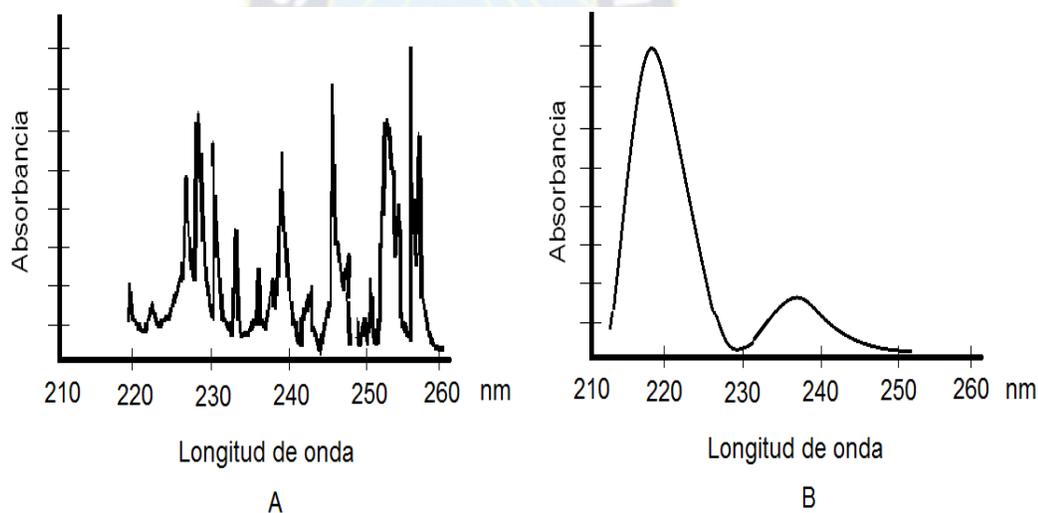


Figura 32. Espectros de absorción (A) fase gaseosa; (B) fase solución

Fuente: <http://www.uhu.es/quimiorg/uv2.html>

Cuando la sustancia absorbente se trata de una muestra en fase gaseosa o de vapor, el espectro se compone de un número de líneas muy próximas entre sí, como se puede ver en la Figura 32 (A). Sin embargo, si la sustancia se encuentra en fase de solución el espectro adquiere la forma de un pico de absorción suave y continua. Esto se debe a que las moléculas de la especie absorbente están rodeadas por las moléculas del disolvente, produciéndose colisiones constantes entre ellas, estas colisiones junto con las

interacciones entre las especies que absorben y las moléculas del disolvente hacen que las energías de los estados cuánticos se extiendan. Como consecuencia, la muestra absorbe fotones repartidas en un rango de longitudes de onda. Un típico espectro UV-VIS en la fase de solución se representa en la Figura 32 (B).

La espectrofotometría o espectrometría UV-VIS utiliza el principio de absorción para determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración.

Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida o transmitida por la misma. En la Figura 33 se ilustra las partes básicas de un espectrofotómetro.

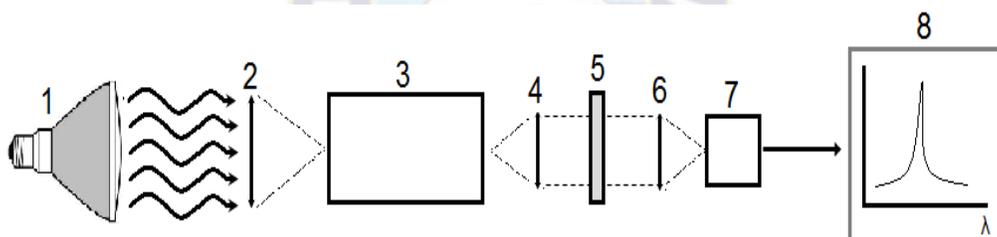


Figura 33. (1) Lámpara o fuente de luz, (2) rendija 1, (3) monocromador, (4) rendija 2, (5) cubeta con muestra, (6) rendija 3, (7) detector y transductor, (8) registro de señal.

Fuente: <http://www.uhu.es/quimiorg/uv2.html>

Para obtener un espectro UV-VIS de una muestra en solución se irradia en un rango de longitudes de onda. Empleando una radiación monocromática a la vez, es decir, una radiación de una sola longitud de onda. Este proceso se denomina de exploración.

La cantidad de la radiación absorbida en cada longitud de onda se mide y se traza frente a la longitud de onda para obtener el espectro. Así, un espectro UV-VIS típico es un gráfico de longitud de onda o la frecuencia frente a la intensidad de la absorción.

#### 4.2.3.1 ABSORCION DE ESPECIES MOLECULARES

Cuando un haz incidente de radiación que tiene una longitud de onda adecuada golpea una molécula, se lleva a cabo la absorción de un fotón y la molécula se excita. Cuando las moléculas se excitan estas perderán la energía de excitación en forma de calor o emitiendo fotones (luminiscencia). La absorción de la radiación UV-VIS es capaz de afectar a la excitación de los electrones de enlace y otros electrones de valencia. Por lo tanto, la excitación de los electrones en los enlaces químicos ( $\pi$  y sigma) o electrones no apareados (n) es el resultado de la absorción de una longitud de onda adecuada de radiación UV-VIS. La absorción por lo tanto será dependiente de la disponibilidad de enlaces  $\pi$  y sigma o electrones n que puedan absorber la radiación incidente.

#### 4.2.3.2 ABSORCION DE GRUPOS INORGANICOS

Los grupos inorgánicos que contienen dobles enlaces absorben en la región UV-VIS. La mayoría de las transiciones son un resultado de transiciones  $n-\pi^*$ , como en el nitrato (313 nm), en el carbonato (217 nm), en el nitrito (280 y 360 nm) y en la azida (230 nm).

Un gran número de sales inorgánicas que contienen átomos con electrones en los orbitales d dan bandas de absorción débiles en el espectro visible. Los iones y los complejos de los elementos de las dos primeras series de transición pertenecen a este grupo y son coloreados. El color de estas especies se debe a las transiciones entre los orbitales "d". La formación de complejos de estos iones con las moléculas del disolvente o con otros ligandos aumenta la degeneración de los cinco orbitales "d".

Como consecuencia, éstos se dividieron en grupos que poseen diferentes energías. Las transiciones electrónicas de los orbitales "d" de baja energía a orbitales d de alta energía son las responsables del color que se observa en estos compuestos.

#### 4.2.3.3 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

- Las muestras en solución se ponen en una pequeña celda de Silicio.
- Se utilizan dos lámparas: una de H o deuterio para la región UV, y una de W / halógeno para la región visible

- Se utiliza también una celda de referencia que contiene sólo solvente.
- La luz pasa simultáneamente por la celda de muestra y la celda de referencia.
- El espectrómetro compara la luz que pasa por la muestra con la que pasa por la celda de referencia.
- La radiación transmitida es detectada y el espectrómetro obtiene el espectro de absorción al barrer la longitud de onda de la luz.

#### **4.2.3.4 VENTAJAS**

- Preparación mínima muestra.
- Posibilidad análisis mayoría materiales no reflectores, incluyendo materiales muy opacos o poco absorbentes.
- Análisis de superficies irregulares y materiales duros.
- Alta sensibilidad (pocos ppm).

#### **4.2.3.5 DESVENTAJAS**

Además de los problemas de la reflexión en la superficie nos encontramos con otros problemas:

- Está limitada principalmente a muestra en polvo.
- Si la muestra contiene agua y debido al calentamiento producido por el rayo de luz infrarrojo, ésta se puede evaporar dando lugar a vapor de agua que causa fuertes interferencias en el espectro.
- El llenado de la celda es poco reproducible sobre todo cuando se quiere trabajar en análisis cuantitativo.

## **CAPITULO 5**

### **5. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **5.1 UNIDAD DE ANALISIS**

Las muestras utilizadas de los vegetales comestibles para la realización de este proyecto se usaron las pulpas de que se obtiene después de un tratamiento de limpieza, corte a cada uno de estos vegetales comestibles estas son: cereal (cañahua), drupas (almendra y nuez) y tubérculos (racacha, yuca, olluco, oca y walusa).

#### **5.2 COLECTA Y REGIONES DE LAS MUESTRAS**

En cuanto a la materia prima a utilizar se usará vegetales comestibles de tres familias cereales, drupas y tubérculos. Nuestro país cuenta con una gran diversidad de fauna y flora en toda Bolivia pero, para nuestro estudio trabajaremos con las muestras obtenidas específicamente en el departamento de La Paz realizando un muestreo en el mercado de mayor concentración de gente en nuestra ciudad que es el mercado Rodríguez ya que en este mercado contamos con lo suficiente.

Se consiguió todos los vegetales comestibles y a la vez se investigó su región de los cuales provienen: el cereal (cañahua de los alrededores del Lago Titicaca), drupas (almendra de la Provincia Iturralde-Ixiamas y la nuez de la Provincia Iturralde-San Buenaventura) y tubérculos (racacha Provincia Nor Yungas-Coripata, yuca de Caranavi, olluco de Provincia Chapare-Colomi, oca de Hampaturi (La Paz) y walusa de la provincia Sud Yungas-Irupana; se procedió al análisis de cada alimento y así cumplir los objetivos de este proyecto.

Se colectaron muestras durante el mes de Octubre y se escogieron los vegetales comestibles (cañahua), drupas (almendra y nuez) y tubérculos (racacha, yuca, olluco, oca y Walusa) estas deben tener una maduración óptima y esté lista para su consumo por la sociedad en este caso de la gente de La Paz, estos alimentos se las muestra en la figura 34.



**Figura 34. Vegetales Comestibles: cereal, drupas y tubérculos.**

**Fuente: Propia**

### **5.3 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

#### **5.3.1 DRUPAS: ALMENDRA Y NUEZ**



**Figura 35. Almendra y Nuez**

**Fuente: Propio**

Para la almendra y la nuez mostrados en la figura 35; primero se procedió a su limpieza en lo que es su cáscara contienen partículas de tierra y otros extraños para que estas no interfieran ni perjudiquen en su posterior análisis luego se cortó un pedazo de aproximadamente 1 gr para luego ser triturado en un mortero con pistilo y luego su pesado para su respectivo análisis.

### 5.3.3 TUBERCULOS: OCA, YUCA, RACACHA, OLLUCO Y WALUSA



Figura 36. Oca, Yuca, Racacha, Olluco y Walusa

Fuente: Propia

Estos tubérculos Oca, Yuca, Racacha, Olluco y Walusa las que se muestra en la figura 36 se procedió a su limpieza ya que tenían mayor cantidad de tierra en su superficie de la cáscara, luego se procedió a su pelado con cuchillo con la cual se cortó una rodaja del centro de la raíz de cada una y posteriormente tomar un pedazo de la parte central de la rodaja, luego se la paso a un mortero con pistilo para su trituración y luego su respectivo pesado para su análisis.

### 5.3.4 CEREAL: CAÑAHUA

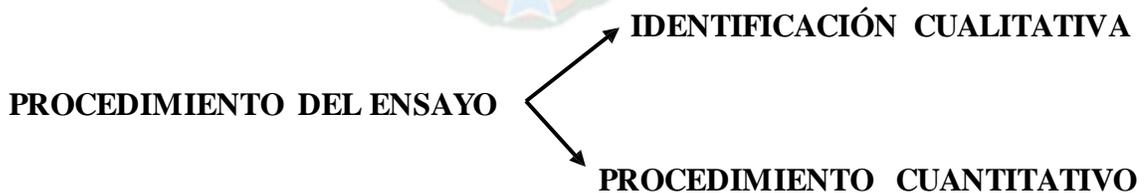
Generalmente este alimento ya viene en un estado sólido y también ya molido ver figura 37 por lo cual solo se procedió a buscar partículas extrañas (impurezas) para luego realizar su pesaje y posteriormente su análisis respectivo.



Figura 37. Cereal: Cañahua

Fuente: Propia

### 5.4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO



## **5.4.1 IDENTIFICACION CUALITATIVA**

### **5.4.1.1 PREPARACION DE LAS TIRAS DE PAPEL FILTRO (TPF)**

Se empezó con el corte del papel filtro Whatman N<sup>o</sup> 1 con las siguientes dimensiones de 0,5 cm de ancho y 7 cm de largo entonces obtenemos las tiras de papel filtro que se utilizó para este análisis, las tiras de papel se las muestra en la figura 38.



**Figura 38. Tiras de papel filtro (0,5 x 7) cm**

**Fuente: Propia**

### **5.4.1.2 SOLUCION DE ACIDO PICRICO (AP) ALCALINIZADO**

Después se procedió a preparar la solución de AP esta tiene el aspecto de cristales amarillos, para alcalinizarlo se satura con ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y  $\text{pH}= 9,5-11,5$  todo esto se preparó en un volumen de 250 ml para pintar las tiras de papel filtro Whatman dicha solución tiene un color amarillo intenso se muestra la disolución del AP en la figura 39 y en la figura 40 se observa que está ya aforado en el matrón correspondiente.



**Figura 39. Disolución de los cristales del AP**

**Fuente: Propia**



**Figura 40. AP aforado a 250 ml**

**Fuente: Propia**

### 5.4.1.3 PINTADO DE TPF DE (0,5 X 7) cm CON AP ALCALINIZADO

Sumergir las TPF en la solución amarilla de AP alcalinizado, se debe pintar en su totalidad dejando sumergido por unos 10 min dentro la solución en las figura 41 y 42 se muestran el proceso de pintado.



**Figura 41. Pintado de las TPF en solución de AP**

**Fuente: Propia**



**Figura 42. Pintado de las TPF en solución de AP**

**Fuente: Propia**

#### **5.4.1.4 SECADO DE TPF PINTADAS CON AP ALCALINIZADO O TIRAS REACTIVAS (TR)**

Se procedió a secar las TPF pintadas o también llamadas turas reactivas dándose modos para que estas no tenga mayor contacto en su superficie con otras superficies ya sean mesas, mesones u otros; para que estas no se contaminen al momento de secarlos. Se las secó en el medio ambiente durante 15 min donde no le pudiera dar el sol, este proceso se la muestra en las figuras 43 y 44.



**Figura 43. Secado de las TPF pintadas con AP**

**Fuente: Propio**



**Figura 44. Secado de las TPF pintadas con AP**

**Fuente: Propio**

#### 5.4.1.5 SOLUCION DE CIANURO DE POTASIO Y ACIDO CLORHIDRICO

Se preparó también soluciones: 100 ml de KCN y 50 ml de HCl ambos para realizar los patrones de la Curva Estándar y con esto realizar también la parte cuantitativa, la preparación de dichas soluciones están mostradas en la figura 45.



**Figura 45. Soluciones de KCN y HCl**

**Fuente: Propia**

#### 5.4.1.6 PREPARACION DE LAS MUESTRAS PARA SU ANALISIS

Cortar una rodaja del centro de la raíz de cada vegetal comestible, tomar un 1g de muestra de la parte central de la rodaja tritularlas en un mortero con pistilo y luego introducir un cada tubo con tapa rosca dentro de cada tubo se tiene 1 ml de ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) y 0,5 ml de HCl, cada muestra se trabajó por triplicado, en la figura 46 se muestra los vegetales comestibles utilizados y en la figura 47 se muestra que ya están pesadas y listas para su respectivo análisis.



**Figura 46. Muestras: (Cereal, Drupas y Tubérculos)**

**Fuente: Propia**



**Figura 47. Muestras pesadas listas para su análisis**

**Fuente: Propia**

#### **5.4.1.7 DISEÑO DEL SISTEMA A UTILIZAR PARA LA PRUEBA CUALITATIVA DE LAS MUESTRAS**

Al principio se utilizó tubos de ensayo colocando las tiras reactivas en el centro y tapando con cintas adhesivas para que no existieran fugas de cianuro durante el análisis de las

muestras, pero este sistema no nos sirvió ya que existió fugas de cianuro de los tubérculos lo cual dificultaba nuestro análisis cuantitativo.

Por tal motivo se llegó a la solución de utilizar tubos de vidrio con tapas rosca lo cual evito las temidas fugas este sistema solo se utilizó para los análisis de la muestras como se muestra en la figura 48.



**Figura 48. Sistema de tubos con tapa rosca y muestra listos para su análisis**

**Fuente: Propia**

Entonces se arma el sistema, dentro del tubo se debe sujetar la tira reactiva con la tapa rosca una recomendación muy importante es que la TR no debe tener contacto con las paredes del tubo ni mucho menos con la muestra debe estar al centro sin contacto con nada de su alrededor.

#### **5.4.1.8 PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS CUALITATIVO DE LAS TR**

Luego de armar el sistema con los tubos bien cerrados para que no exista ningún tipo de fuga se preparó 2 tipos de baño maría ya que son 24 muestras y 10 patrones para la Curva Estándar, uno que es electrónico con temperatura controlada como se muestra en la figura 49 y el otro que es el tradicional una fuente de aluminio, agua y termómetro de mercurio para controlar la temperatura como se muestra en la figura 50.



**Figura 49. Fuente electrónica, con temperatura controlada**

**Fuente: Propia**



**Figura 50. Baño maría**

**Fuente: Propia**

La temperatura óptima para que las muestras liberen el gas cianuro está en el rango de (65-70) °C y este proceso dura 1 hr, luego de ese procedimiento se pasó a enfriarlo a temperatura ambiente y se observó que las TR están pintadas como se muestra en la figura 51.

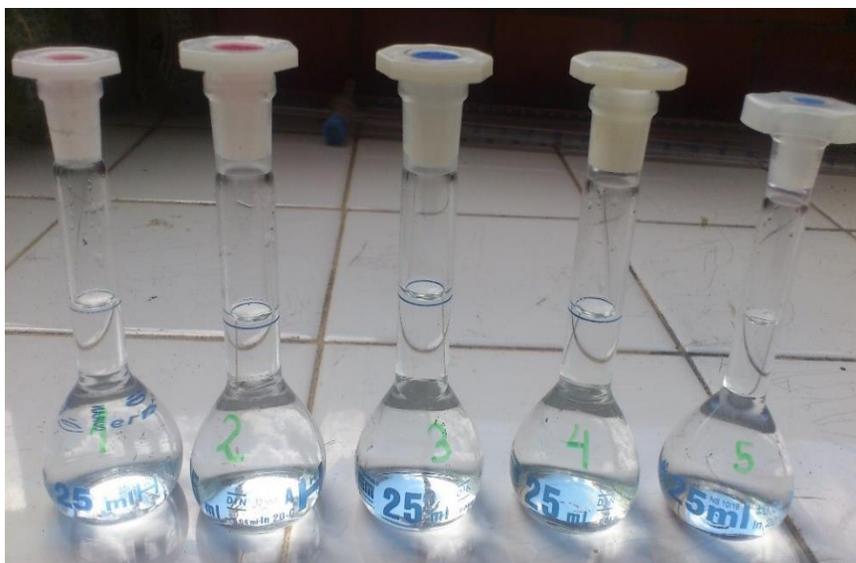


**Figura 51. TR pintadas después del calentamiento**

**Fuente: Propia**

#### **5.4.1.9 PREPARACION DE LOS PATRONES PARA LA CURVA ESTANDAR DE CALIBRACION**

De la solución preparada de KCN con una concentración de 230 ppm se preparan 5 patrones para los cuales se sacan los siguientes volúmenes en el matraz 1 se introdujo 0 ml de KCN, en el matraz 2 se introdujo 2 ml de KCN, en el matraz 3 se introdujo 4 ml de KCN, en el matraz 4 se introdujo 6 ml de KCN y por último en el matraz 5 se introdujo 8 ml de KCN en cada tubo de los patrones se agregó también 1 ml de HCl de concentración 0,5 M y se aforó a 25 ml todos los matraces como se muestra en la figura 52.



**Figura 52. Patrones de KCN para la Curva Estándar de Calibración**

**Fuente: Propia**

#### **5.4.1.2.0 DISEÑO DEL SISTEMA A UTILIZAR PARA LA PRUEBA CUALITATIVA DE LA CURVA DE CALIBRACION**

Para la prueba cualitativa de la Curva de Calibración se utilizó solamente tubos de ensayo con cinta adhesiva, para estos no era necesario utilizar los tubos con tapa rosca ya que no presentaban excesos de gases de cianuro como de las muestras.

De los 5 patrones preparados de KCN se colocó la misma cantidad de volumen de cianuro en los diferentes tubos es decir, en el tubo 1 se colocó 1 ml del matraz 1, en el tubo 2 se colocó 1 ml del matraz 2 y así sucesivamente hasta llegar al tubo 5 y al matraz 5.

En la figura 53 se muestra el sistema armado para cada patrón y también se muestra todos los patrones listos para llevarlo al procedimiento de coloración en base al calor para así demostrar y finalizar la prueba cualitativa.

La figura 54 nos muestra los tubos listos para su coloración en las TR para la Curva de Calibración.



**Figura 53. Diseño del sistema para cada Patrón de KCN**

**Fuente: Propia**



**Figura 54. Diseño de todos los Patrones**

**Fuente: Propia**

De la misma manera que el pintado de las muestras se procede a trabajar los Patrones para la Curva de Calibración a una temperatura de  $(65-70) ^\circ\text{C}$  durante 1 hr en baño maría como se muestra en la anterior figura 50.

#### **5.4.1.2.1 RESULTADOS DE LA PRUEBA CUALITATIVA DE LA CURVA ESTANDAR DE CALIBRACION**

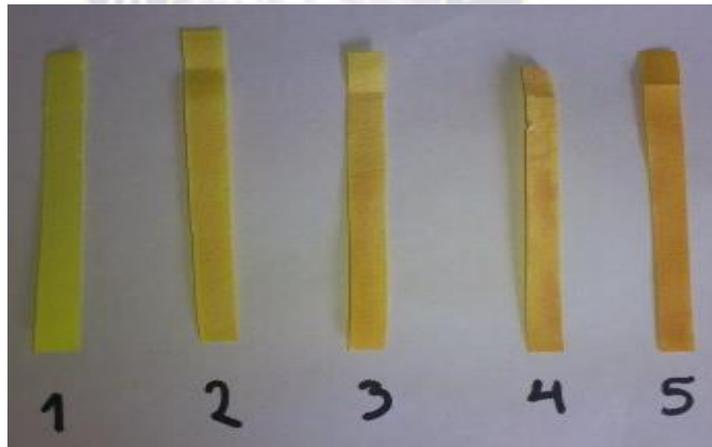
En la figura 55 se observa las TR después del proceso de sometimiento al calor, estas ya pintadas como se observa en dicha fotografía y luego procedemos a sacar las TR de los

tubos y las mostramos en un fondo blanco y observamos cómo se manifiestan los colores ver figura 56.



**Figura 55. TR después del proceso de sometimiento al calor**

**Fuente: Propia**



**Figura 56. Intensidades de los colores de las TR de los Patrones**

**Fuente: Propia**

#### **5.4.1.2.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA CUALITATIVA DE LAS MUESTRAS**

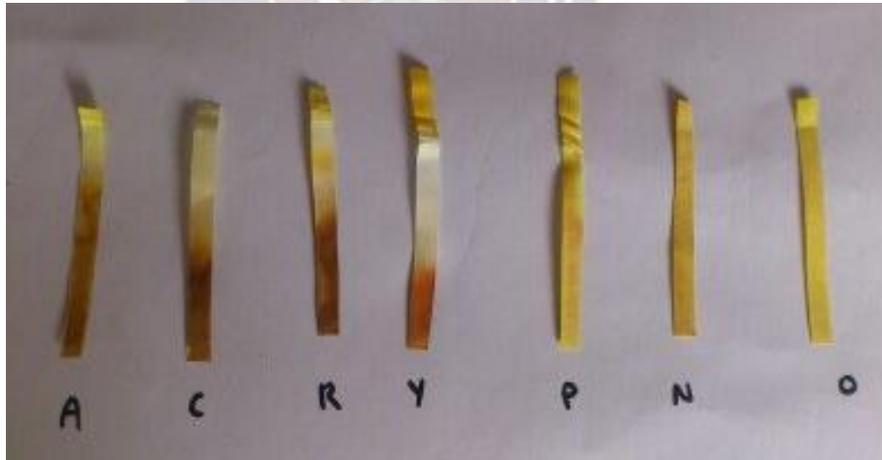
En la figura 57 se observa las TR después del proceso de sometimiento al calor, estas ya pintadas como se observó en la figura 56 y luego procedemos a sacar las TR de los tubos

y las mostramos en un fondo blanco y observamos cómo se manifiestan los colores ver figura 58. Y con eso finalizamos la parte cualitativa.



**Figura 57. TR después del sometimiento al calor**

**Fuente: Propia**



**Figura 58. TR pintadas mostradas en un fondo blanco**

**Fuente: Propia**

## 5.4.2 PROCEDIMIENTO CUANTITATIVO

### 5.4.2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA CUANTIFICACION DE LA CURVA ESTANDAR DE CALIBRACION

El color en la TR es disuelto en agua como se observa en la figura 59 y aforado en matraces de 10 ml ver figura 60, para que este seguidamente sea cuantificado por medio de un equipo espectrofotómetro.

Pero antes de la aforación esta solución que contiene el complejo que está dentro de los tubos debe ser filtrada para luego ser aforado en los matraces de 10 ml.



**Figura 59.** El color en la TR de los Patrones es disuelto en agua

**Fuente: Propia**



**Figura 60.** Después de disolverlos se los afora a 10 ml

**Fuente: Propia**

#### **5.4.2.2 PROCEDIMIENTO PARA LA CUANTIFICACION DE LAS MUESTRAS**

El color en la TR es disuelto en agua después filtrarlo, aforarlo a 10 ml y luego llevarlo otros tubos de tapa rosca como se muestra en la figura 61, seguidamente continuamos con su cuantificado por medio de un equipo espectrofotómetro de marca biochrom ver figura 62.



**Figura 61. Solución de las TR pintadas disueltas**

**Fuente: Propia**



**Figura 62. Espectrofotómetro UV-VIS para la cuantificación (marca: biochrom)**

**Fuente: Propia**

## 5.5 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO

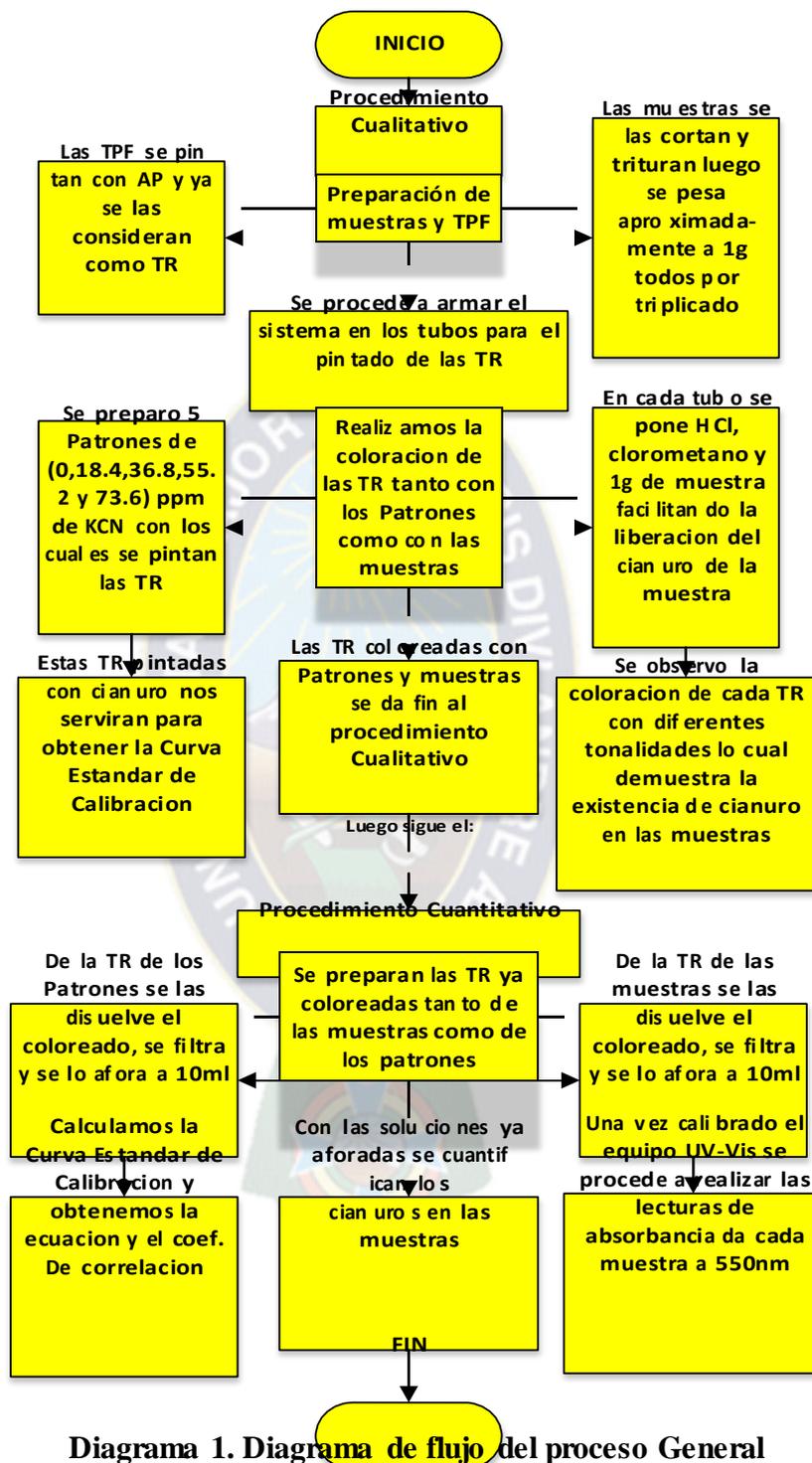


Diagrama 1. Diagrama de flujo del proceso General

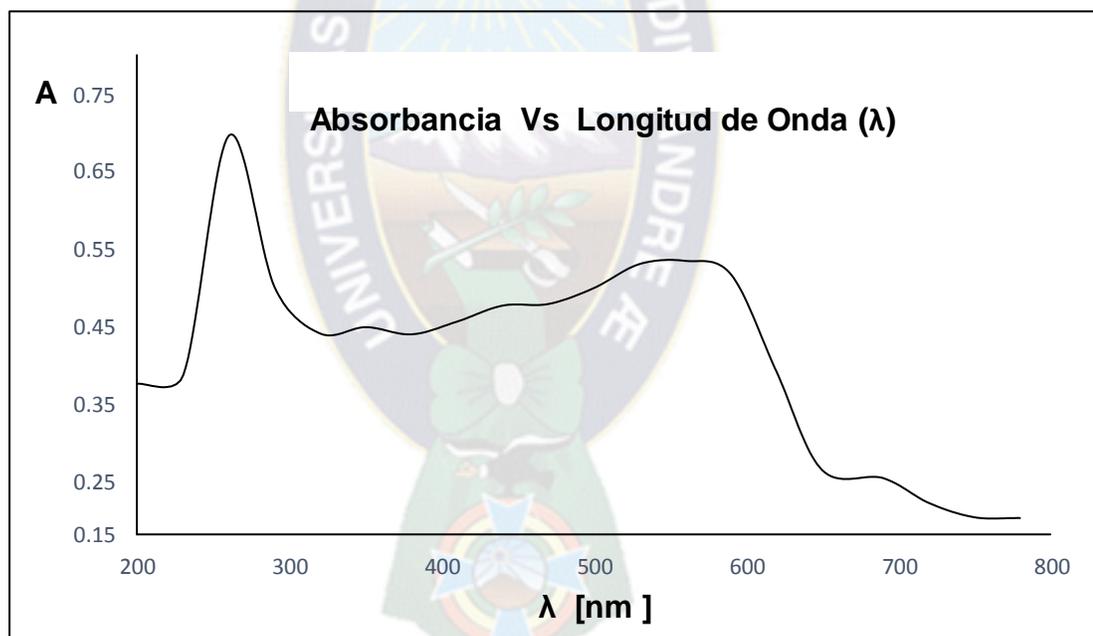
Fuente: Propia

## CAPITULO 6

### 6.1 CALCULOS Y RESULTADOS

#### 6.1.1 ESTUDIO ESPECTROSCOPICO

La figura 63 muestra el espectro de absorción molecular del complejo picrato de sodio: ion cianuro. Se observa un perfil de absorbancia que se empleó para el análisis de la cantidad de complejo formado entre 480 y 560 nm. Los estudios sobre el comportamiento del espectro UV-Vis respecto a la formación del complejo muestra una similitud al encontrado en bibliografía (ver Figura 67, ANEXOS)



**Figura 63. Espectro UV-VIS complejo picrato de sodio: ion cianuro,  $2,5 \times 10^{-3}$  M (Longitud de Onda de Trabajo)**

**Fuente: Propia**

## 6.1.2 APLICACION ANALITICA

### 6.1.2.1 CURVA DE CALIBRACION

#### 6.1.2.1.1 CALIBRACION ABSORBANCIA VS CONCENTRACION

La dependencia del máximo de absorción con la concentración es un factor importante tener en cuenta al momento de aplicaciones cuantitativas de esta reacción, el tiempo de formación del complejo en este trabajo fue de 24 horas, para la generación de HCN.

No	Patrones de [CN <sup>-</sup> ] ppm	Absorbancia
1	0,0	0, 000
2	18,4	0,105
3	36,8	0,203
4	55,2	0,310
5	73,6	0,395

Tabla 1. Patrones y absorbancias de la Curva de Calibración.

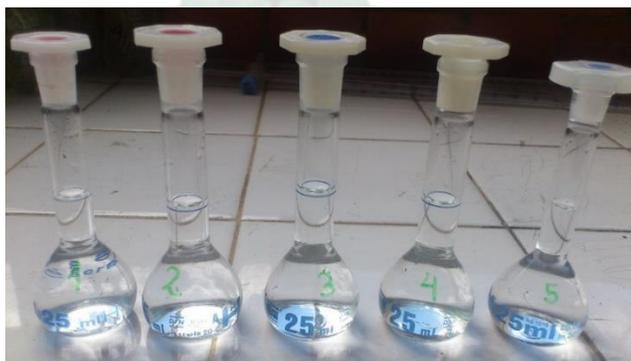
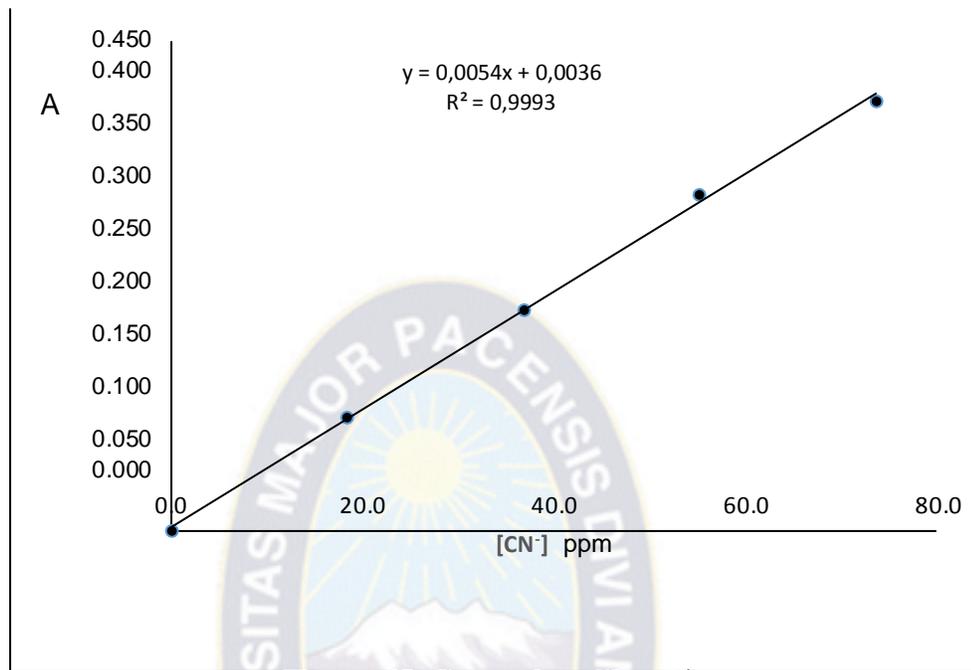


Figura 64. Patrones de KCN para la Curva Estándar de Calibración

Fuente: Propia

En la Figura 65. Se muestra la gráfica de la Curva de calibración por el método colorimétrico.



**Figura 65. Curva de calibración**

**Fuente: Propia**

### 6.1.2.2 APLICACIONES ANALITICAS A MUESTRAS

Para calcular las concentraciones del HCN en las muestras de los tubérculos se despeja “x” de la ecuación obtenida en la curva de calibración:

$$Y = 0,0046x + 0,0192$$

$$X = \frac{Y - 0,0036}{0,0054}$$

Donde:

X: Es la concentración en ppm de la muestras de los tubérculos.

Y: Es la absorbancia de las muestras de los VC.

Tabla 2. Determinación de las concentraciones de HCN en (ppm) y en (mg) de las muestras de VC.

Muestra	Masa (g)	Abs.	Concentración de HCN (ppm)	Concentración de HCN en (mg)
Almendra 1	1,057	0,056	9,7	0,097
Almendra 2	1,109	0,058	10,1	0,101
Almendra 3	1,050	0,052	9,0	0,090
Nuez 1	1,049	0,147	26,6	0,226
Nuez 2	1,055	0,153	27,7	0,277
Nuez 3	1,089	0,141	25,4	0,254
Oca 1	1,045	0,098	17,5	0,175
Oca 2	1,063	0,095	17,0	0,170
Oca 3	1,032	0,093	16,6	0,166
Yuca 1	1,077	0,233	42,5	0,425
Yuca 2	1,109	0,224	44,5	0,445
Yuca 3	1,010	0,218	41,0	0,410
Racacha 1	1,021	0,300	54,9	0,549
Racacha 2	1,060	0,297	54,3	0,543
Racacha 3	1,018	0,292	53,4	0,534
Olluco 1	1,001	0,224	40,8	0,408
Olluco 2	1,115	0,221	40,2	0,402
Olluco 3	1,099	0,231	42,1	0,421
Cañahua 1	1,106	0,134	24,1	0,241
Cañahua 2	1,026	0,129	23,2	0,232
Cañahua 3	1,040	0,132	23,8	0,238
Walusa 1	1,086	0,326	60,0	0,600
Walusa 2	1,090	0,326	60,0	0,600
Walusa 3	1,009	0,298	54,5	0,545

Tabla 3. Determinación de las concentraciones de HCN en (ppm), en (mg) y en el porcentaje (%) en las muestras.

Muestra	Masa en (g)	Abs.	Concentración de HCN en (ppm)	Concentración de HCN en (mg)	% de HCN
Almendra 1	1,057	0,056	9,7	0,097	0,0092
Almendra 2	1,109	0,058	10,1	0,101	0,0091
Almendra 3	1,050	0,052	9,0	0,090	0,0086
Nuez 1	1,049	0,147	26,6	0,226	0,0215
Nuez 2	1,055	0,153	27,7	0,277	0,0262
Nuez 3	1,089	0,141	25,4	0,254	0,0233
Oca 1	1,045	0,098	17,5	0,175	0,0167
Oca 2	1,063	0,095	17,0	0,170	0,0160
Oca 3	1,032	0,090	16,6	0,166	0,0161
Yuca 1	1,077	0,233	42,5	0,425	0,0395
Yuca 2	1,109	0,224	44,5	0,445	0,0401
Yuca 3	1,010	0,210	41,0	0,410	0,0406
Racacha 1	1,021	0,300	54,9	0,549	0,0538
Racacha 2	1,060	0,297	54,3	0,543	0,0512
Racacha 3	1,018	0,292	53,4	0,534	0,0524
Olluco 1	1,001	0,224	40,8	0,408	0,0408
Olluco 2	1,115	0,221	40,2	0,402	0,0360
Olluco 3	1,099	0,231	42,1	0,421	0,0383
Cañahua 1	1,106	0,134	24,1	0,241	0,0218
Cañahua 2	1,026	0,129	23,2	0,232	0,0226
Cañahua 3	1,040	0,132	23,8	0,238	0,0229
Walusa 1	1,086	0,326	60,0	0,600	0,0552
Walusa 2	1,090	0,326	60,0	0,600	0,0550
Walusa 3	1,009	0,298	54,5	0,545	0,0540

Tabla 4. Determinación de las concentraciones de HCN en (mg) y en HCN (mg /100g) de muestras frescas de VC.

Muestra	Masa (g)	Concentración de HCN en (mg)	mg HCN/100g de muestra fresca
Almendra 1	1,057	0,097	9,18
Almendra 2	1,109	0,101	9,11
Almendra 3	1,050	0,090	8,57
Nuez 1	1,049	0,226	21,5
Nuez 2	1,055	0,277	26,2
Nuez 3	1,089	0,254	23,3
Oca 1	1,045	0,175	16,7
Oca 2	1,063	0,170	16,0
Oca 3	1,032	0,166	16,1
Yuca 1	1,077	0,425	39,5
Yuca 2	1,109	0,445	40,1
Yuca 3	1,010	0,410	40,6
Racacha 1	1,021	0,549	53,8
Racacha 2	1,060	0,543	51,2
Racacha 3	1,018	0,534	52,4
Olluco 1	1,001	0,408	40,8
Olluco 2	1,115	0,402	36,1
Olluco 3	1,099	0,421	38,3
Cañahua 1	1,106	0,241	21,8
Cañahua 2	1,026	0,232	22,6
Cañahua 3	1,040	0,238	22,9
Walusa 1	1,086	0,600	55,2
Walusa 2	1,090	0,600	55,0
Walusa 3	1,009	0,545	54,0

Tabla 5. Determinación de las concentraciones de HCN promedios en HCN (mg /100g) y sus respectivas estimaciones.

Muestra	HCN (mg /100 g)
Almendra	8,95 ± 0,33
Nuez	23,6 ± 2,0
Oca	16,3 ± 0,4
Yuca	40,1 ± 0,5
Racacha	52,5 ± 1,3
Olluco	38,4 ± 2,1
Cañahua	22,4 ± 0,5
Walusa	54,7 ± 0,6

Histograma 1. Representa los VC Vs concentraciones en (mg HCN/100g)



## CAPITULO 7

### 7. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

En el presente trabajo se realizó un barrido sistemático del ácido cianhídrico de los diferentes vegetales comestibles que son: cereal (cañahua), drupas (almendra y nuez) y tubérculos (racacha, yuca, olluco, oca y walusa), ya que este ácido cianhídrico es toxico para la salud de la sociedad y también cabe mencionar que se trabajó con alimentos bolivianos específicamente recolectados en los mercados de La Paz.

El objetivo de este trabajo fue determinar y cuantificar la cantidad de ácido cianhídrico de los diferentes alimentos colectados, objetivo que fue alcanzado mediante el método colorimétrico.

Se muestra la Tabla 1 que es de los patrones para la Curva de Calibración Estándar, las Tablas 2, 3, 4 muestran los resultados obtenidos en diferentes unidades y en la Tabla 5 se muestra un resumen de las cantidades de cianuro presentes en los diferentes alimentos estudiados, además del Diagrama 1 del proceso general del proyecto y de un Histograma 1 donde se compara los resultados obtenidos con los bibliográficos.

Este trabajo se constituye en uno de los primeros estudios y en el primer barrido sistemático del ácido cianhídrico que se han realizado en Bolivia aportando datos relacionados a los siguientes alimentos: cereal (cañahua de los alrededores del Lago Titicaca), drupas (almendra de la Provincia Iturrealde-Ixiamas y la nuez de la Provincia Iturrealde-San Buenaventura) y tubérculos (racacha Provincia Nor Yungas-Coripata, yuca de Caranavi, olluco de Provincia Chapare-Colomi, oca de Hampaturi (La Paz) y walusa de la provincia Sud Yungas-Irupana); dando relevancia a estos alimentos y su consideración tanto para su consumo y su forma de producción como su valoración desde el punto de vista nutricional.

## **Comparación de los valores obtenidos con datos bibliográficos**

Los VC (tubérculos) estudiados en el presente trabajo son: Almendra, Nuez, Yuca, Olluco, Oca, Cañahua, Racacha y Walusa. Sus valores son presentados en la Tabla 5. Respecto a los valores bibliográficos no se tiene mucha información ya que solo se pudo encontrar concentraciones de la yuca y las almendras como se muestran en la Tabla 6. (ANEXOS).

Los valores bibliográficos de la yuca y la almendra que han sido encontrados son: 250 HCN (mg /100g) y 53 HCN (mg /100g) respectivamente, los datos obtenidos experimentalmente de yuca y la almendra son: 40,1 HCN (mg /100g) y 8,95 HCN (mg /100g) respectivamente, se puede observar en cuanto a la almendra que la diferencia es demasiado grande esto puede ser ocasionado por diferentes factores importantes estos pueden ser: el lugar donde es cultivado (tierra) ya que esta puede contener cianuros, también puede ser ocasionado por los fungicidas y fertilizantes con los que se cultivan estos alimentos.

En cuanto a los demás VC como ser Nuez, Olluco, Oca, Cañahua, Racacha y Walusa no se encuentran datos de estudios de concentraciones de HCN en bibliografía tanto en el exterior como en Bolivia por lo tanto este trabajo también intenta servir como una base de datos iniciales bibliográficos para futuras investigaciones y otros intereses.

## CAPITULO 8

### 8. RECOMENDACIONES

- En el pintado con AP alcalinizado se debe pintar toda la superficie de la TPF y también se las debe secar en un lugar donde no se ensucie o contamine y también donde no le de los rayos del sol.
- Se debe alcalinizar con ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) hasta obtener un  $\text{pH}=9,5-11,5$  para esto utilizar papel pH u otros debe ser un color oscuro, si no llega a obtener dicho valor no se obtendrá los resultados esperados.
- En la preparación de las soluciones KCN Y AP alcalinizado se debe tener en cuenta los siguientes consideraciones:
- Tanto en la preparación y en el manejo del AP para el pintado de las TPF es recomendable utilizar guantes, ya que esta sustancia es cancerígena y se absorbe fácilmente por la piel.
- En el caso del KCN lego que esta es preparada llevarlo rápidamente a un baño de hielo ya que esta por sus propiedades es muy volátil y puede ser ingerido con simple respiración del que trabaja con dicha solución.
- Las TR una vez colocadas dentro de los tubos no deben tener contacto con ninguna parte de los alrededores también no deben tener contacto con las muestras y con el HCN de los patrones.
- Para obtener el complejo deseado la Isopurpurina que se formara en la TR, cuando los tubos con las TR se someterá al calor se llegó a la conclusión después de varias pruebas que para un buen pintado y una buena formación del complejo la temperatura debe estar en el rango de  $(65-70)^\circ\text{C}$ .
- Para que las pruebas y datos buscados salgan bien se debe diseñar los sistemas Tubos-TR que estén bien cerradas para que no haya fugas del gas cianuro

## CAPITULO 9

### 9. BIBLIOGRAFIA

#### LIBROS:

- Albir, M., Serra, A. y Chicote, J. (2003). Gran Vox: diccionario químico. Editorial Spes. Barcelona.
- Cáceres, E. (1993). Cultivos Andinos. 1ª edición Editorial Felipe Moya. Bolivia.
- Devlin, T. (2006). Aplicaciones Clínicas. 4ª edición. Editorial Reverté. Barcelona.
- Stryer, L., Berg J. y Tymoczko, J. (2004). Bioquímica. 5ª edición Editorial Reverté. Barcelona.
- Voet, D. y Voet, J. (1992) Bioquímica. 2ª edición Editorial Omega. Barcelona.

#### CAPITULO DE LIBRO:

- Williams, H. J. y Edwards, T. G. (1980) Estimation of cyanide with alkaline picrate. Editorial. Orlando, Florida, pp. 15-22. Estados Unidos de América.

#### ARTICULOS EN REVISTAS:

- Ashok, M.; Achar, B. (2009). Thermal degradation kinetics and solid state, temperature dependent, electrical conductivity of charge-transfer complex of phenothiazine with chloranil and picric acid. Revista Colombiana de Estudio por Espectrofotometría UV-Vis de la reacción entre los iones Cianuro y Picrato. 38. p. 63

- IFAD y FAO. (2004). Global cassava market study. Business opportunities for the use of cassava. Proceedings of the validation forum on the global cassava development strategy. Revista de Roma. International Fund for Agricultural Development (IFAD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 6. pp. 13-18
- Oliveros-Bastidas, (2009 ene./abr.) Estudio por Espectrofotometría UV-Vis de la reacción entre los iones cianuro y picrato. Un ejemplo práctico de aplicaciones analíticas y estudios cinéticos rev.colomb-bogotá. quim. 38. p 66.

#### INTERNET:

- Cruz, L. (2012). Alimentos Andinos. Recuperado de: <http://marcaperujosecarlosmariategui.blogspot.com/2012/12/alimentos-andinos.html>
- EcuRed. (2000). Malanga. Recuperado de: <http://www.ecured.cu/index.php/Malanga>
- Calvo, M. (2002). Glucósidos Cianogénicos. Recuperado de: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/toxico/glucosidoscn.html>
- Eyjolfsson, (1970; Li et al, 1992). Toxicología de Alimentos. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/vicmorni/toxicologia-de-alimentos-pedro-valle-vega-2000>
- FAO, (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/X5032E/x5032E09.html>
- Guadalupe, C. (2013). Alimentación Segura. Recuperado de: <http://alimentacionsegura1.blogspot.com/2013/glucosidoscianogenicos.html>
- Giaquinto, A. (2014). Planta de Procesado y Empaquetado de Nueces. Recuperado de: <http://indufrut.nuecescom/>
- Harris, (1980). Departamento de Alimen. y Biotecnología. Recuperado de: <http://uniciencia.ambientalex.inf/infoCT/Toxicologiaderaliemnatosar.pdf>

- Hermann, M. (1997). Arracacia Xanthorrhiza. Recuperado de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Arracacia\\_xanthorrhiza](http://es.wikipedia.org/wiki/Arracacia_xanthorrhiza)
- Hernández, J. E.; León, J. (1994). Ollucus Tuberosus. Recuperado de:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Ullucus\\_tuberosus](http://es.wikipedia.org/wiki/Ullucus_tuberosus)
- Hurtado, J. (2008). Animales y Vegetales del Perú. Recuperado de:  
<http://animalesyplantasdeperu.blogspot.com/2008/02/la-caihua.html>
- INE, (2003). Producción y Recojo de almendras. Recuperado de:  
<http://www.idepro.org/almendra.html>
- Jiménez, A. (2011), Manual de Toxicología. Recuperado de:  
<http://www.depa.fquim.unam./Toxicologia/manual.%20de%20toxi.pdf>
- La Fuente, (1980) Toxicología de Alimentos. Recuperado de:  
<http://es.slideshare.net/vicmorni/toxicologia-de-alimentos-pedro-valle-vega-2000>
- Liener, (1969). Proyecto Omega. Recuperado de:  
<http://omegaproyecto.blogspot.com/2013/05/gastronomia-i-los-vegetales-toxicos-i.html>
- Lindner, (1978) Toxicología de Alimentos. Recuperado de:  
<http://es.slideshare.net/vicmorni/toxicologia-de-alimentos-pedro-valle-vega-2000>
- Valle, P. (2000). Centro Nacional de Salud. Recuperado de:  
<http://www.uhu.es/quimiorq/uv2.html>
- Vizcarra, (2013). La Castana-Nuez de Bolivia y Brasil. Recuperado de:  
<http://vizcarraproyectos.com/web/la-castana-nuez-de-brasil/>
- Pascual, J. (1992). Los Productos Agrarios. Recuperado de:  
<http://www.sweettropicalcr.com/yuca.html>
- Ramírez, C. (2010), Toxicidad del Cianuro. Recuperado de:  
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/toxicolo/toxico/3natural.pdf>
- Zavala, (2001). Comisión del Codex Alimentarius. Recuperado de:  
[ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCCF/ccc3/cf03\\_11s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCCF/ccc3/cf03_11s.pdf)

### SEPARATAS:

- Rhind, W. (1865). A History of the Vegetable Kingdom DE Tesis I. Konzo. info. Facultad de Medicina de la Universidad de Bergen

### TESIS:

- Colque, R. (2010). Incentivo al Cultivo de Cinco Especies Vegetales. Tesis para optar el Grado de Licenciatura en Ciencias Químicas. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz



## ANEXOS

### DATOS BIBLIOGRAFICOS

Planta	Glucósido	HCN (mg/100g)
Almendras amargas	Amigdalina	250
Raíz de mandioca	Linamarina	53
Sorgo (planta completa)	Durrina	250
Judía de Lima	Linamarina	10—312

Tabla 6. Datos Teóricos de bibliografía

Fuente: <http://alimentacionsegura1.blogspot.com/2013/04/glucosidos-cianogenicos.html>

## HISTOGRAMA DE DATOS EXPERIMENTALES CON LOS BIBLIOGRAFICOS

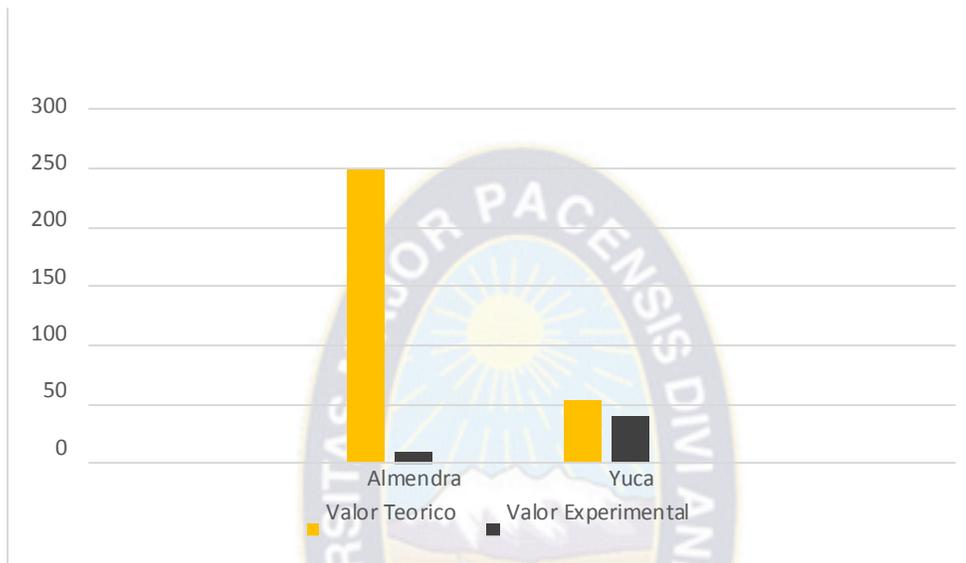


Figura 66. Valores totales de concentración Teóricos y Experimentales de Almendra y Yuca.

Fuente: Propia

## LONGITUD DE ONDA DE TRABAJO (BIBLIOGRAFICO)

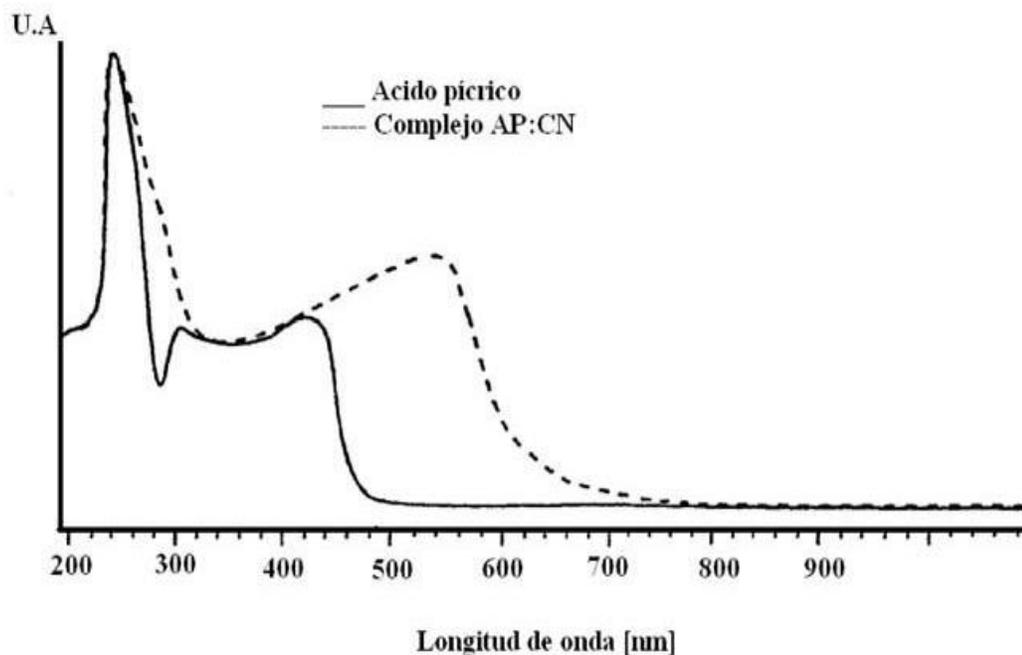


Figura 67. Espectro de UV-Vis de una solución saturada en bicarbonato de sodio (10% p/v) de ácido pícrico, generando su base conjugada, picrato de sodio, y el complejo formado con ion  $[\text{CN}^-]$  (1 mM), en agua a 22 °C.

Fuente: oliveros-bastidas rev.colomb.quim. v.38. Bogotá ene. /abr.