

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**



**ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DEL**  
**GÉNERO *Gentianella* EN HUALGAYOC, CELENDÍN Y CAJAMARCA**  
**Y SU CONTENIDO DE CATEQUINA**

**TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**WILSSER SILVA CERDÁN**

**ASESORES:**

**Dr. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA**

**Dr. SEGUNDO BERARDO ESCALANTE ZUMAETA**

**CAJAMARCA-PERÚ**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
Norte de la Universidad Peruana  
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



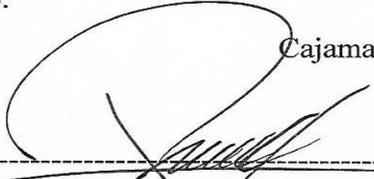
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Cajamarca, a los **veintiún** días del mes de **junio** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 140 -2019-FCA-UNC, Fecha 31 de Mayo de 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DEL GÉNERO *Gentianella* EN HUALGAYOC, CELENDÍN Y CAJAMARCA Y SU CONTENIDO DE CATEQUINA”**, del Bachiller: **SILVA CERDÁN WILSSER** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las **quince** horas y **diez** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación por unanimidad** con el calificativo de **Quince (15)** Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las **dieciséis** horas y **treinta** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 21 de junio de 2019.

  
-----  
**Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez**  
**PRESIDENTE**

  
-----  
**M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde**  
**SECRETARIO**

  
-----  
**Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares**  
**VOCAL**

  
-----  
**Dr. Juan Francisco Seminario Cunya**  
**ASESOR**

  
-----  
**Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta**  
**ASESOR**

COPYRIGHT 2017© by  
Wilsser Silva Cerdán  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a Dios, fuente de sabiduría, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y cumplir con mis objetivos personales.

A mis padres Ricardo Silva Estrada y Rosa Isabel Cerdán Vásquez, quienes son mi mayor ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional y aliento que han hecho posible mi formación profesional y personal.

A mis hermanos Jhan, Percy Tito y Kevin, por su comprensión, amor y apoyo para lograr mis objetivos.

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la vida, la salud, la sabiduría y las múltiples bendiciones recibidas día a día.

A mis asesores Dres. Juan Francisco Seminario Cunya y Berardo Escalante Zumaeta, por su apoyo, paciencia y tiempo en el presente trabajo de investigación.

A la empresa FRANCAR por su apoyo y colaboración en el desarrollo de la tesis.

A todos los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a los de la Escuela Académico Profesional de Agronomía por haberme impartido sus conocimientos en mi formación personal.

**EL AUTOR**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
CAPITULO .....	1
I.    INTRODUCCIÓN.....	1
II.   REVISIÓN LITERARIA .....	5
III.  MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
IV.  RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	28
V.   CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
VI.  LITERATURA CITADA .....	67

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el estado de conservación de las poblaciones de las especies del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca, y determinar su contenido de catequina. En el área de estudio mediante exploraciones de campo y colectas de herbario, se identificaron cuatro especies: *G. graminea*, *G. dianthoides*, *G. crassicaulis* y *G. bicolor*. Las tres primeras, se desarrollan de los 3500 a 4100 msnm., en el pajonal, principalmente asociadas con *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum lindemutianum* y *Stipa ichu*, en ambientes fríos, con una precipitación anual de 1320 mm, suelos ácidos con alto contenido de materia orgánica. *G. crassicaulis* prospera en suelos pantanosos; y *G. bicolor* se desarrolla alrededor de los 2900 msnm., en suelos secos y pedregosos, con limitadas especies acompañantes. La fenología de las cuatro especies es semejante, su fase vegetativa se da entre noviembre y abril, sus fases reproductivas suceden entre mayo y octubre. Los porcentajes de germinación de semillas en laboratorio fue de: *G. dianthoides* 52%, *G. bicolor* 40%, *G. graminea* 16% (No se obtuvo semillas de *G. crassicaulis*). La conservación de las poblaciones está afectada por la agricultura, ganadería y minería, principalmente. La mayor concentración de catequina, en mg ×g de materia seca, en *G. graminea* fue de 13.3, *G. dianthoides* 11.39, *G. crassicaulis* 11.34 y *G. bicolor* 6.20.

Palabras claves: *Gentianella*, poblaciones naturales, catequina.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the status of the populations of the *Gentianella* genus in the provinces of Hualgayoc, Celendín and Cajamarca, and to determine their catechin content. In the study area by means of field explorations and herbarium collections, four species were identified: *G. graminea*, *G. dianthoides*, *G. crassicaulis* and *G. bicolor*. The first three, develop from 3500 to 4100 meters above sea level, in the pajonal, mainly associated with *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum lindemutianum* and *Stipa ichu*, in cold environments, with an annual rainfall of 1320 mm, acid soils with high content of organic matter. *G. crassicaulis* thrives in marshy soils; and *G. bicolor* develops around 2900 meters above sea level, in dry and stony soils, with limited companion species. The phenology of the four species is similar, its vegetative phase occurs between November and April, its reproductive phases occur between May and October. The percentages of seed germination in the laboratory were: *G. dianthoides* 52%, *G. bicolor* 40%, *G. graminea* 16% (No seeds of *G. crassicaulis* were obtained). The conservation of the populations is affected mainly by agriculture, livestock and mining. The highest concentration of catechin, in mg × g of dry matter, in *G. graminea* was 13.3, *G. dianthoides* 11.39, *G. crassicaulis* 11.34 and *G. bicolor* 6.20.

Keywords: *Gentianella*, natural populations, catechin

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Las plantas constituyeron desde tiempos antiguos el único recurso que disponía el hombre para curarse y a pesar de los conocimientos actuales sobre tratamientos terapéuticos con fármacos de síntesis, el uso de las plantas medicinales es un medio importante para el tratamiento de males a nivel mundial. Esta situación ha generado la necesidad de estudiarlas, aplicando el método científico, con el fin de respaldar el conocimiento ancestral sobre sus propiedades medicinales e investigar nuevas aplicaciones (Agapito y Sung 1998).

La franja alto andina de Cajamarca, por encima de los 3500 msnm, denominada Jalca (Pulgar Vidal 1996), es especialmente rica en plantas medicinales y los estudios indican que existen por lo menos de 50 a 60 especies usadas tradicionalmente en medicina tradicional (Sánchez, 2014). Dentro de ellas, existen varias especies del género *Gentianella* usadas por las poblaciones rurales y urbanas, para tratar afecciones relacionadas con la sangre, hígado, estómago, sobrepeso y colesterol (Bussmann y Sharon 2006).

En Cajamarca, los estudios de Sánchez (2014), Seminario y Sánchez (2010) y Seminario y Escalante (2016), indican haber encontrado *Gentianella gramínea*, *G. dianthoides*, *G. crassicaulis*, todas de uso medicinal en las poblaciones rurales y urbanas. Además, sostienen que el hábitat de éstas se encuentra amenazado por la intervención humana.

Las especies peruanas, como *Gentianella chamuchui*, *G. bicolor*, *G. nítida*, *G. bruneotricha*, tienen uso medicinal: purifican la sangre, desinflan el hígado, alivian cólicos estomacales, actúan como antigripales y controlan el colesterol (Bussmann y Sharon 2006, Sánchez 2014). Las especies, *Gentianella bicolor*, *G. chamuchui*, *G. nítida* fueron analizadas químicamente y en su composición contienen metabolitos secundarios, dentro de los cuales, destacan los fenoles y flavonoides, componentes activos que explicarían sus efectos benéficos en la salud humana (Bermúdez 2015).

## **1.1. Formulación de problema**

¿Cuál es el estado de conservación de las poblaciones del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca y su contenido de catequina?

## **1.2. Objetivos de investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el estado conservación de las poblaciones del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca y su contenido de catequina.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar la superficie, la densidad y los índices ecológicos de las poblaciones del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc Celendín y Cajamarca.
- b. Describir la ecología (suelos, especies acompañantes, pisos ecológicos, índices climatológicos) de las poblaciones del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.
- c. Evaluar el rendimiento de materia prima (materia seca) de las especies del género *Gentianella* de las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.

- d. Determinar el contenido de catequina de las especies del género *Gentianella* de las provincias en estudio.

### **1.3.Hipótesis de investigación.**

Las poblaciones del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca se encuentran en buen estado de conservación y su contenido de catequina es similar.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Seminario y Sánchez (2010) realizaron un estudio sobre el estado y los factores de riesgo de la biodiversidad de especies medicinales en el centro poblado de Combayo, distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca (Perú), e identificaron tres especies de *Gentianella*: *G. gramínea* (H.B.K.) Fabris “Corpus huait”, *Gentianella* sp. 1. “Amargón morado” y “Anaranjado”, *Gentianella* sp. 2 “Chinchimali Blanco” y “Morado” y concluyeron que las especies mencionadas se encuentran principalmente amenazadas por el biocomercio, debido a que implica una descontrolada extracción de plantas.

Sánchez (2014) realizó un inventario de plantas medicinales en ocho comunidades de la provincia de Cajamarca, distritos de Chetilla y Magdalena con la ayuda de sabios locales (curanderos), conocedores de los lugares donde crecen las plantas y de sus efectos curativos. La mayoría de las especies medicinales se encontraron acompañadas del pajonal de gramíneas. Se registraron 34 familias y 65 especies. De éstas, 53 especies (81.5%) son nativas y 12 especies (18.5%) son introducidas. Considerando los ecosistemas y hábitats donde han sido colectadas, no obstante, la alta fragmentación del paisaje, se han registrado 40 especies (61.5%) que habitan en ecosistemas naturales, 15 especies (23.1%) lo hacen en ecosistemas antrópicos, incluyendo los bordes de cultivo y 10 especies (15.4%) están en ambos ecosistemas. En el área estudio se encontró *G. gramínea* (H.B.K) Fabris, la cual se considera nativa de los Andes y utiliza como antigripal.

Montoya (2014) inventarió las especies de plantas medicinales, aromáticas, y tintóreas en ocho comunidades ubicadas en la Jalca de los distritos de Chetilla, Magdalena y Cajamarca, de la provincia de Cajamarca. Colectó y describió 73 especies, entre silvestres y cultivadas. Registró, además, las características de los suelos, los factores climáticos y la forma de uso de las plantas. En el género *Gentianella* encontró a *G. gramínea*, conocida comúnmente como “Chinchimali”, la cual crece en suelos profundos y húmedos, con abundante materia orgánica y se encuentra entre el pajonal de gramíneas. Esta especie se usa contra la tos y los resfríos. También, la infusión de la flor, sirve para la desinflamación de la garganta.

En la cuenca de los ríos Chetilla y Ronquillo, en la Jalca de Cajamarca, Sanabria (2014), caracterizó e identificó la vegetación entre 3000 a 4000 msnm. Registró 46 familias, 118 géneros y 193 especies. En el género *Gentianella* encontró *G. dianthoides* la cual es endémica. Sin embargo, no se informa sobre el uso específico.

En un estudio de identificación e inventario de especies medicinales realizado por Seminario y Escalante (2016) en 542,2 ha, en el sector Quecherga, caserío Santa Rosa, Centro Poblado San Juan de Hierbabuena, distrito de La Encañada Región Cajamarca (3715 y 4122 msnm). Se analizaron los factores antrópicos y ecológicos para el desarrollo de las especies medicinales. Determinaron 17 especies, agrupadas en 10 familias y 11 géneros. Las familias con mayor número de especies fueron Gentianaceae y Asteraceae, con tres y cuatro especies cada una, respectivamente. De todas las especies, 58.8% son raras, el 11.8% son ocasionales, 11.8% infrecuente, 17.7% abundantes, 41% de las especies tuvieron poblaciones muy bajas, 23.5% poblaciones bajas, 11.8% poblaciones medias, 23.5% poblaciones altas. Los factores antrópicos que amenazan la conservación de especies son la minería, la fragmentación de los hábitats y la apertura de vías. En el género *Gentianella* se encontraron *G. dianthoides*, *G. crassicaulis*, *G. gramínea*. Sin embargo, no se informa sobre el uso específico.

Seminario y Escalante (2016) para estudiar la frecuencia y la densidad de las poblaciones del género *Gentianella*, usaron los siguientes criterios:

#### Frecuencia

1. Rara 1-5 individuos 100 m<sup>-2</sup>
2. Ocasional 5.1 -10 individuos 100 m<sup>-2</sup>
3. Infrecuente 10.1-20 individuos 100 m<sup>-2</sup>
4. Frecuente rara 20.1-35 individuos 100 m<sup>-2</sup>
5. Abundante mayor a 35.1 individuos 100 m<sup>-2</sup>

#### Densidad

De 0 a 1000 individuos: población muy baja

De 1001 a 10000 individuos: población baja

De 10001 a 100000 individuos: población media

Mayor a 100001 individuos: población alta.

De este modo, llegaron a establecer los resultados sistematizados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Abundancia y densidad de poblaciones de especies de *Gentianella* en el Centro Poblado San Juan de Hierbabuena, distrito la Encañada, provincia de Cajamarca.

Espece	Abundancia	Categoría poblacional
<i>Gentianella dianthoides</i>	Infrecuente	Alta
<i>Gentianella crassicaulis</i>	Rara	Muy Baja
<i>Gentianella graminea</i>	Abundante	Alta

Fuente: Seminario y Escalante (2016).

## **Ensayos medicinales y presencia de metabolitos secundarios en especies del género *Gentianella*.**

En Perú, son escasos los estudios realizados sobre el género. En una revisión no exhaustiva se encontraron los siguientes:

Efecto del decocto de *G. alborosea* “Hercampuri” sobre niveles séricos de proteínas totales y albumina en *Rattus norvegicus* var. *Albinus* (Baltodano 2011, Universidad Nacional de Trujillo). Tuvo como objetivo determinar si la administración de decocto de *G. alborosea* “Hercampuri,” provoca cambios significativos sobre los niveles de proteínas totales o albumina en *Rattus norvegicus* var *albinus*. La parte experimental se realizó *in vivo*, siguiendo el diseño clásico de estímulo creciente, para el cual se utilizó un grupo control y dos grupos problema, con controles previos y sucesivos. Los especímenes en estudio recibieron la administración del decocto del “Hercampuri” a la dosis de 150 y 300 ml/kg p.c. por vía oral durante 21 días, concluyéndose que la administración de decocto de *G. alborosea* no generó cambios significativos en los niveles de proteínas totales, albumina y globulina en *Rattus norvegicus* var *albinus* (Baltodano 2011).

Huamán *et al.* (2015), en la Universidad Nacional de Trujillo, estudiaron el efecto del consumo de *G. bicolor* “Corpus Huay” sobre la tolerancia oral a la glucosa y el perfil lipídico en adultos y jóvenes. Se usó un diseño experimental con 28 voluntarios entre 18 y 25 años, separados en dos grupos. El grupo experimental consumió extracto acuoso seco de *Gentianella bicolor* en cápsulas; y el grupo control, gelatina dietética. En la marcha fitoquímica de “Corpus huay” se identificaron flavonoides, taninos, saponinas, alcaloides, leucoantocianidina, compuestos fenólicos, xantofilas e iridoides, los cuales provocan reducción de los niveles de glucosa a las dos horas, aumentó de HDL y redujo el LDL después de cuatro semanas de tratamiento.

Bermúdez y Huamán (2015) evaluaron el efecto hipoglucemiante de *G. bicolor* “Corpus Huay”, *G. nitida* “Hercampuri” y *G. chamuchui* “Genciana” en *Rattus rattus*. Se conformaron siete grupos de experimentación con cinco animales cada uno; el grupo uno estuvo conformado por ratas sanas y el resto, por ratas con diabetes inducida con una inyección intraperitoneal de Estreptozotocina (STZ) (60 mg/kg). Un grupo de ratas diabéticas fue tomado como control positivo y al resto de los grupos se les administró una dosis diaria de 500 mg/kg de peso del extracto acuoso, obtenido a partir de *G. bicolor*, *G. nitida* y *G. chamuchui*, respectivamente, durante 21 días.

Posteriormente, se colectaron muestras de sangre por incisión en la cola de los animales de experimentación y se determinó los niveles de glucemia a las 3, 6 y 24 horas después de la administración oral de los extractos acuosos de cada planta. Durante los primeros 13 días, no se observó disminución estadísticamente significativa de las glucemias de los animales de experimentación. A partir del día 14, se observó una disminución de la glucemia estadísticamente significativa, principalmente en el grupo al que se le administró el extracto acuoso obtenido a partir de *G. bicolor* (de 435 mg/dL a 341.9 mg/dL de glucemia), a las seis horas después de administrado el extracto. Se corroboró el efecto hipoglucemiante de las especies de la familia Gentianaceae, empleadas en el estudio (Bermúdez y Huamán 2015).

Bermúdez (2015) estudió la presencia de metabolitos secundarios en *Gentianella bicolor*, *G. nitida*, *G. chamuchui* y *Smallanthus sonchifolius* realizando un tamizaje fitoquímico de las fracciones obtenidas a partir de los extractos acuosos, siguiendo la metodología descrita por Miranda M. y Cuellar citado por Bermúdez (2015). Para los fenoles y flavonoides utilizó como disolvente el etanol al 95 %. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Presencia de metabolitos secundarios en extractos de cada especie vegetal.

Metabolito secundario	Reacciones	<i>G. bicolor</i>	<i>G. Chamuchui</i>	<i>G. nitida</i>	<i>Smallanthus. sonchifolius</i>
(Flavonoides)	Shinoda	++	++	++	-
(Fenoles y taninos)	FeCl <sub>3</sub>	++	++	++	-+
Antocianinas	---	+++	++	+	+

**Fuente:** Bermúdez (2015)

(++): Buena, (+): Escasa, (-): Nula

Carbonel *et al.* (2016) estudiaron las características fisicoquímicas y la capacidad antioxidante *in vitro* del extracto de *G. nitida*. Usaron una planta entera de la especie mencionada, la cual fue lavada con agua destilada y secada a la estufa a 37 °C, luego pesaron 20 g de planta seca y prepararon un extracto al 4% p/v en agua bidestilada, mediante cocción durante 15 minutos, enfriaron a temperatura ambiente y filtraron en gasa. El extracto obtenido lo centrifugaron a 10000 g por 15 minutos a 4 °C, el sobrenadante fue filtrado en papel Whatman N° 1 y finalmente, llevado a estufa a la temperatura de 37°C, hasta sequedad. Se obtuvo 5,4 g de extracto seco (sólidos solubles) y se resuspendió en 60 mL de agua bidestilada. Este extracto constituyó la muestra para todos los análisis.

Los fenoles totales fueron cuantificados por el método de Singleton y col., citado por Carbonel et al. (2016), usando Folin Ciocalteau. Prepararon diluciones del extracto acuoso de *G. nitida* hasta obtener concentraciones de 0,18 a 1,2 mg/mL. Después de 30 minutos en oscuridad, realizaron las lecturas a 760 nm. Usaron el ácido gálico como estándar para preparar una curva patrón con concentraciones de 10 a 75 µg/mL, con un R<sup>2</sup>= 0,999. La concentración de fenoles totales del extracto lo expresaron en µg de equivalente de ácido gálico (EAG) por mg de sólido soluble. El contenido de flavonoides fue determinado por medio del ensayo colorimétrico propuesto por Geissman (s.f), citado por Carbonel et al. (2016). Prepararon diluciones del extracto acuoso de *Gentianella nitida* hasta obtener concentraciones de 1,2 a 6,0 mg/mL. Después de 30 minutos en oscuridad, realizaron las lecturas a 432 nm utilizando como estándar, la quercetina y una curva con concentraciones de 10 a 100 µg/mL, con un R<sup>2</sup>= 0,999. La concentración de

flavonoides totales del extracto lo expresaron en  $\mu\text{g}$  de equivalente de quercetina (EQ) por mg de sólido soluble. Los autores concluyeron en que, el comportamiento antioxidante guardó correlación con el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales. Estos compuestos actuarían principalmente donando un átomo de hidrógeno y/o donando un electrón (Carbonel *et al.* 2016).

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Carbonel (2017) evaluó el efecto hepatoprotector del sustrato de *G. nitida* “Hercampuri” en un modelo experimental inducido por paracetamol. El paracetamol se empleó como inductor del daño hepático. Se realizaron dos ensayos *in vitro* e *in vivo*. En el primer estudio se buscó determinar la capacidad antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) y el contenido de fenoles totales y flavonoides del extracto acuoso de *G. nitida*. En el estudio *in vivo* se trabajó con veinticuatro ratas Holtzman hembras de 2 meses, formándose 4 grupos (n= 6): grupo control, grupo paracetamol, grupo silimarina y grupo *G. nitida*. Al grupo *G. nitida* se administró una dosis de 200 mg/kg de peso corporal, durante 7 días, seguido del paracetamol 300 mg/kg de peso corporal por 4 días más. Se utilizó silimarina 50 mg/kg de peso como estándar de referencia.

El extracto de *G. nitida* exhibió buena capacidad antioxidante *in vitro* con las tres técnicas aplicadas: DPPH, ABTS y FRAP, porque contiene metabolitos secundarios polifenólicos que guardan correlación con la capacidad antioxidante *in vitro* e *in vivo* el extracto acuoso de *Gentianella nitida* ejerció efecto hepatoprotector a nivel de la detoxificación II del paracetamol, expresado en la actividad de la glutatión S-transferasa (Carbonel 2017).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Generalidades sobre la familia Gentianaceae.**

En el Perú, la familia Gentianaceae (orden Gentianales Juss. ex Bercht. & J. Presl) es reconocida por presentar alrededor de 15 géneros y aproximadamente de 170 especies, mayormente hierbas y arbustos. Se reconoce 103 especies endémicas en siete géneros y sólo 33 especies endémicas se encuentran dentro de áreas protegidas. Los géneros de *Gentianella* y *Macrocarpa* tienen el mayor número de especies endémicas (Castillo *et al.* 2006). Brako y Zarucchi (1993) indican que en Perú la familia Gentianaceae tiene 17 géneros y 137 especies, de las cuales, 85 son endémicas. En Cajamarca, se han reportado las siguientes especies de *Gentianella*: *gramínea*, *crassicaulis*, *dianthoides*, *bicolor*, *raimondiana*, *cahamuchui* (Seminario y Escalante 2016, Sánchez 2014, Castillo *et al.* 2006, Seminario y Sánchez 2010).

### **2.2.2. Descripción botánica de especies del género *Gentianella*.**

#### **2.2.2.1. Raíz**

Retorcida, agrietada y rugosa; de color castaño oscuro (Salazar 2003, Carbonel 2017, Rodríguez y Almeida 2009).

#### **2.2.2.2. Tallo**

*G. umbellata* (G. Don) Fabris, tiene el tallo corto, lampiño y un poco cuadrangular, erguido, hueco, de color marrón parduzco en parte y morado en otro, con nudos donde se encuentran las hojas y nacen los pedúnculos florales (Salazar 2003). *G. nitida* tiene su tallo de hasta 4 cm de alto (Carbonel 2017) y *G. alborosea* tiene tallo herbáceo, de color marrón oscuro (Rodríguez y Almeida 2009).

#### **2.2.2.3. Hojas**

*G. umbellata* tiene hojas pequeñas de 0.5cm a 1cm, simples, opuestas, lanceoladas, sésiles, basales levemente pecioladas, generalmente ya no existen en la planta adulta; las demás son sentadas y opuestas (Salazar 2003). Las hojas de *G. nitida* son lineales o lineal lanceoladas, agudas en el ápice, de 1.5 - 2 cm de largo y 2 - 3 cm de ancho, muy lustrosas

(Carbonel 2017). *G. alborosea* tiene hojas pequeñas de 0,5 a 1 cm, simples, opuestas, lanceoladas, sésiles de color verde oscuro (Rodríguez y Almeida 2009). En el herbario CPUN de la Universidad Nacional de Cajamarca se observaron 4 especies recolectadas de la Jalca de las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca, *G. bicolor* tiene hojas basales lineales, *G. crassicaulis* hojas basales oblongas elípticas, *G. gramínea* ramificación basal, hojas pequeñas lineales y *G. chamuchui* hojas basales espatuladas.

#### **2.2.2.4. Flores**

*G. umbellata* tiene flores solitarias o dispuestas en inflorescencia cimosa. Éstas son hermafroditas, de 0.5 a 1cm, de colores lila, violáceo (Salazar 2003). Las flores de *G. nítida* son solitarias cortamente pedunculadas, erectas, de color rosado a rojo (Carbonel 2017). De la especie *G. alborosea* sus flores son solitarias o dispuestas en inflorescencia cimosa, hermafroditas de 0,5 a 1 cm, de color lila o violeta (Rodríguez y Almeida 2009). *G. bicolor* tiene flores moradas, lilas y violetas, de *G. crassicaulis* sus flores son de color fucsia y rosadas-violetas, *G. dianthoides*, tiene flores anaranjadas, *G. gramínea* con flores de color blanco-morado y *G. chamuchui* de ápice obtuso posee flores lilas (Herbario CPUN 2018).

#### **2.2.2.5. Fruto y semillas**

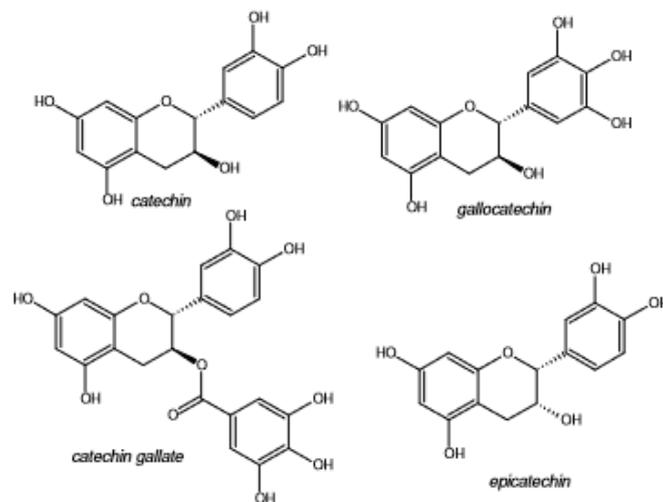
El fruto es una cápsula dehiscente, que contiene semilla de color marrón oscuro o negro. Éstas son pequeñas, lisas, de color negro o marrón oscuro (Salazar 2003, Carbonel 2017, Rodríguez y Almeida 2009).

#### **2.2.3. Catequina**

Las catequinas (figura 1), son el tipo más común de compuestos flavanoles. Pertenecen al grupo de los flavonoides, un tipo particular de polifenoles presentes en plantas responsables del color de las flores y frutas. El término catequina, deriva del árbol de la “mimosa” (*Cassia catechu*) de la que se aisló por primera vez el catecol. Las catequinas presentan al heterociclo 2-fenilbenzopirano como su estructura química básica y un grupo hidroxilo o galato en la posición 3. El grupo fenilo en la posición 2 puede tener uno o más grupos hidroxilo (figura 1). Las catequinas están presentes en algunas plantas alimenticias

o sus subproductos como el cacao en grano (*Theobroma cacao*), té (*Camellia sinensis*), arándanos (*Vaccinium myrtillus*) y el vino. El efecto astringente en la boca después de comer productos de chocolate o beber té verde o vino se debe en parte a su presencia (Peñarieta *et al.* 2014).

Los flavonoides, nombre que deriva del latín “flavus”, cuyo significado es “amarillo”, constituyen la subclase de polifenoles más abundante dentro del reino vegetal. La catequina, pertenece al grupo de las flavanoles, las cuales, son los flavonoides menos abundantes en los alimentos. El perejil (*Petroselinum crispum*) y apio (*Apium graveolens*) representan la fuente comestible de flavonas. La piel de las frutas también posee grandes cantidades de flavonas polimetoxiladas. Los polifenoles son, en realidad, los principales antioxidantes de la dieta, y su ingesta es 10 veces superior a la de la vitamina C, y 100 veces superior a la de la vitamina E o los carotenoides (Rice-Evans, Miller N, citado por Quiñones *et al.* 2012)



**Figura 1.** catequinas

### 2.2.3.1. Usos de la catequina en la medicina

El consumo de catequina se asocia con la inhibición de la trombosis arterial, la actividad anti-inflamatoria, la reducción del colesterol total y capacidad antioxidante (Peñarieta *et al.* 2014).

El cacao es uno de los alimentos que mayor cantidad de flavonoides contiene, principalmente epicatequina y catequina. El estudio del cacao y sus derivados ha suscitado actualmente gran interés entre los científicos, pues, por su elevado poder antioxidante, hoy día el cacao puede considerarse un buen candidato para su uso como alimento funcional en la prevención y/o el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y patologías asociadas al estrés oxidativo (Pérez *et al.*, citado por Quiñones *et al.* 2012).

La investigación ha mostrado que el té es antiaterogénico reduciendo colesterol y triglicéridos (Vinson *et al.*, citado por Prat 2011); reduce coágulos sanguíneos, refuerza la función inmune, la pérdida de peso y es anticancerígeno (Yang *et al.* citado por Prat 2011). Teóricamente, la alta actividad antioxidante del té, lo hace beneficioso protegiendo el cuerpo del daño oxidativo, debido a los radicales libres. Las enfermedades que están asociadas con el daño por radicales libres incluyen cáncer, enfermedades cardíacas, función inmune suprimida y el envejecimiento acelerado.

En otro estudio, la administración de suplementos de EGCG (galato de epigallocatequina) (75 mg/kg) con una dieta alta en grasas durante 17 semanas en ratones, resultó en una reducción significativa en el aumento de peso, glucosa en plasma, nivel de insulina y en el peso de hígado y riñón (Sampath *et.al.*, citado por Bruna *et al.* 2018).

Los compuestos bioactivos como la catequina, tienen un impacto positivo en la viabilidad relativa de las bacterias intestinales y por lo tanto pueden jugar un papel importante en la remodelación de la microbiota intestinal y en el aumento de las interacciones microbianas. En un estudio *in vitro*, se observó que la catequina era capaz de modular la microbiota intestinal, en la que disminuyó significativamente la diversidad de la comunidad de

bacterias y estimuló significativamente el crecimiento de Bifidobacterias, las cuales son responsables de promover beneficios a la salud (Huang *et.al*, citado por Bruna *et al.* 2018).

#### 2.2.4. Aspectos generales sobre las especies del género *Gentianella* en Perú y en Cajamarca.

En un estudio realizado por Castillo *et al.* (2006) sobre el género *Gentianella* en Perú, basado en el libro rojo (León *et al.* 2011) se determinaron las especies, su nombre común por altitud (1000-4700 msnm) y se registró la presencia de cada especie por departamentos. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Nombres comunes, regiones ecológicas y registro por departamentos de especies del género *Gentianella* en Perú.

Especie	Nombre común	Altitud	Registro departamental
<i>Gentianella alborosea</i>	Hercampuri.	4200-4500 m.	JU.
<i>Gentianella campanuliformis</i>	P'allcha	2800-3900 m.	CUZ (2).
<i>Gentianella chamuchui</i>	Chamuchui	3300- 4700 m.	AN, CA, LL.
<i>Gentianella herrerae</i> (Reimers) Zarucchi	Pfallchahuiconloi.	3900- 4200 m.	CUZ.
<i>Gentianella gilgiana</i> (Reimers) Fabris ex J.S. Pringle	Yangamarsha.	4400- 4700 m.	LL.
<i>Gentianella incurva</i> (Hook.) Fabris	Rimac-rimac.	3600- 4200 m.	HU, JU, PA.
<i>Gentianella lilacina</i> (Gilg) Zarucchi	Sajhuacache.	MA; 3200 m.	AN.
<i>Gentianella liniflora</i> (Kunth) Fabris ex J. Pringle	Shagapa morada.	1900—3000 m.	MDE, MA, PAR
<i>Gentianella luteomarginata</i> (Reimers) Fabris	Azul Ppallcha.	3500- 4300 m.	CU.
<i>Gentianella nitida</i> (Grisebach) Fabris	Mincha.	4100 m.	HU, HV, JU
<i>Gentianella sanctorum</i> (Gilg) J. Pringle	Okemakaschka,	4000- 4400 m.	AN.
<i>Gentianella scarlatinostrata</i> (Gilg) Zarucchi	Chunchuhuaíta.	4300 m.	HV, JU.
<i>Gentianella setipes</i> (Gilg) J. Pringle	Campanilla.	3200 m.	PI, LL.
<i>Macrocarpaea fotisiana</i> J.R. Grant	Campanilla.	1000- 1550 m.	PU.
<i>Gentianella crassicaulis</i> J.S. Pringle.	---	---	LL,CA.
<i>Gentianella dianthoides</i> (Kunth) Fabris	---	---	CA, CU.
<i>Gentianella raimondiana</i> (Wedd ) J. Pringle:	---	---	CA

**Fuente:** Castillo *et al.* (2006).

Según la revisión de Castillo *et al.* (2006) en Cajamarca se registró *G. crassicaulis*, *G. dianthoides*, *G. raimondiana* y *G. chamuchui*, conocida como “Chamuchui”, “Lorambo” y “Shalcadino” (Tabla 3).

El nombre vulgar de las especies de *Gentianella* varía de acuerdo al lugar en donde crece. Por ejemplo, a la especie *G. alborosea*, se le conoce como “Harcapura”, “Harumpiri”, “Hercampure”, “Hercampuri”, “Hircampuri”, “Harcapura”, “Té amargo” y “Té de Chavín”. Se cree que su nombre proviene de “Hjircan Pureck” palabra quechua que significa “el que camina de pueblo en pueblo” (Brack, citado por Herrera 2013).

En Cajamarca, Seminario y Sánchez (2010) mencionan a *G. gramínea*, conocida como “Corpus Huait”; *Gentianella* sp. 1, Conocida como “Amargón morado” y “Amargón Anaranjado”; *Gentianella* sp. 2, conocida como “Chinchimali Blanco” y “Chinchimalí Morado” con estos nombres se les conoce en el distrito de la Encañada Cajamarca. Por su parte, Sánchez (2014) indica que, *G. gramínea*, en los distritos de Chetilla y Magdalena (Cajamarca) es conocida comúnmente como “Chinchimali”.

Recientemente, Seminario y Escalante (2016) en La Encañada provincia de Cajamarca, determinaron *G. dianthoides*, “Amargón anaranjado”, *G. crassicaulis* “Amargón Morado” *G. gramínea* Chinchimali.”

Una revisión de la familia Gentianaceae en el herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca (CPUN), permitió comprobar que en esta institución se conservan ejemplares de las especies listadas en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Especies del género *Gentianella* registradas en el Herbario “Isidoro Sánchez Vega”, Universidad Nacional de Cajamarca.

<b>Especie</b>	<b>Localización</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Descripción</b>
<i>Gentianella bicolor</i>	Distrito San Juan, provincia Cajamarca.	2450	Planta herbácea, flores moradas, lilas, violetas, hojas basales lineales.
	La Lucuma, distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc.	2900	
	Centro Minero la Censa, ruta a Bambamarca, provincia Hualgayoc.	3200	
	La Tranca, provincia Celendín.	2700	
	Distrito de la Encañada, provincia Cajamarca.	3100	
	Cumbe Mayo, provincia Cajamarca.	3400	
<i>Gentianella crassicaulis</i>	Distrito Sorochuco, provincia Celendín.	3879	Flores color fucsia, rosadas-violetas, hojas basales oblongas elípticas.
	Jalca de Kumulca, distrito y provincia de Cajamarca.	3600	
<i>Gentianella dianthoides</i>	Coymolache, distrito Hualgayoc, Provincia Hualgayoc.	3850	Flores anaranjadas
	Kumulca, distrito y provincia Celendín.	3700	
	Perlamayo Tres Capillas, provincia Hualgayoc.	3600	
<i>Gentianella gramínea</i>	Cerro los Soldaditos, distrito provincia Cajamarca.	3850	Perenne, ramificación basal, hojas pequeñas lineales, de flores de color blanco-morado
	Perlamayo, provincia Hualgayoc.	3500	
	Paso de Kumulca, entre Celendín y la Encañada, provincia Cajamarca.	3750	
<i>Gentianella chamuchui.</i>	La Jocos, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca	3300	Perenne, hojas basales espatuladas, ápice obtuso, flores lilas.

### 2.2.5. Usos de las especies del Genero *Gentianella*

Varios investigadores, informan sobre el uso tradicional que tienen las especies de *Gentianellas* para mitigar afecciones en la salud. Estos informes provienen por lo general de la interacción con sabios locales, conocedores de sus efectos (tabla 5).

**Tabla 5.** Usos tradicionales de las especies de *Gentianella*, según varios autores

Especies	Estudio	Referencia
<i>Gentianella alborosea</i>	Ha sido usada como remedio para la hepatitis, obesidad y reguladores del metabolismo.	Bussmann y Sharon (2006).
	Alivia cólicos estomacales, mejora las funciones del hígado, combate la fiebre de la malaria, regulador de la vesícula biliar.	Baltodano (2015).
<i>Gentianella gramínea</i>	Es usada en Chetilla y Magdalena provincia de Cajamarca como antigripal y efecto hipoglucemiante.	Sánchez (2014), Bermúdez y Huamán (2015).
	Detoxifica, purifica la sangre; desinflama el hígado; se usa para controlar la fiebre.	Bussmann y Sharon (2006).
<i>Gentianella bicolor</i>	Artritis, diabetes, colesterol, gastritis.	(Bussmann y Sharon (2006).
<i>Gentianella bruneotricha</i>	Infección del útero	Bussmann y Sharon (2006).
<i>Gentianella dianthoides</i>	Infección del hígado, irrigación de la sangre	Bussmann y Sharon (2006).
<i>Gentianella nitida</i>	Otros usos son para el tratamiento de dolores estomacales y de fiebre amarilla; tiene propiedades: hepatoprotectora, desintoxicante, depurativa, de acción hipoglucemiante y diurética.	Carbonel (2017).

### 2.2.6. Determinacion de diversidad Alfa ( $D\alpha$ )

**La diversidad alfa:** es la biodiversidad intrínseca de cada comunidad vegetal concreta del paisaje en cuestión, se aplica para ver la conservación del mayor número posible de especies y endemismos y la preservación de taxones amenazados (Marle y Ferriol 2001). La diversidad alfa esta compuesta por los indices señalados en la tabla 6.

**Tabla 6.** Índices que conforman la diversidad alfa.

Índice	Definición conceptual	Fórmula
<b>Riqueza específica</b>	Número total de especies obtenido por el censo de la comunidad.	Nº total de especies
<b>Simpson</b>	Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sea de la misma especie. Oscila entre 0 y $(1-1/S)$ .	$\lambda = \sum p_i^2$
<b>Shannon-Wiener</b>	Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Varía desde 0 y $\ln S$ .	$H' = -\sum p_i \ln p_i$

**Fuente:** (Marle y Ferriol, 2001)

**Donde:**

**$D_{Mg}$ :** Índice de diversidad de Margalef

**$\lambda$ :** Índice de Simpson

**$H'$ :** Índice de Shannon- Wiener.

**$P_i$ :** Abundancia proporcional de la especie i

**$Ab$ :** Abundancia

**$Fr$ :** Frecuencia

**$S$ :** Número de especies

**$N$ :** Número de individuos

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación geográfica de la de investigación**

La investigación consistió de dos fases. La fase de campo, se realizó en las regiones jalca y quechua de las provincias de Hualgayoc, Cajamarca y Celendín en el departamento de Cajamarca. En las tres provincias, el estudio se dirigió a los sitios en donde existen las poblaciones más importantes de *Gentianella*.

En la provincia de Hualgayoc él estudió de las poblaciones de las especies de *Gentianella* se localizó en dos lugares. En la comunidad del Frutillo Bajo cercana a la ciudad de Bambamarca, distrito de Bambamarca, ubicada alrededor de los 2700 msnm (región quechua) y en las comunidades de: Tingo, Coimolache, Carolina, Las Águilas, Pujupe y Corral Viejo, cercanas a la ciudad de Hualgayoc alrededor de los 3700 msnm (región Jalca). En la provincia de Celendín, el estudio de las poblaciones se realizó en la Jalca de los distritos de Sorochuco, Huasmín y Sucre, ubicados alrededor de los 3700 msnm.

En la provincia de Cajamarca, el estudio de las especies de *Gentianella* se realizó en la Jalca del distrito de Chetilla ubicado alrededor 3500 msnm, y en los distritos de Jesús, Namora y La Encañada ubicados en la región quechua alrededor de los 2800 msnm.

La parte referida al contenido de catequina de las especies encontradas, se realizó en los Laboratorios de la Universidad Científica del sur en Lima.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material biológico**

Plantas de las especies de *Gentianella*.

### **3.2.2. Material y equipo de laboratorio**

- Balanza de precisión
- Estufa electrónica
- Prensa de herbario
- Bolsas de plásticos y de papel
- Computadora
- Libreta de notas
- Papel A4
- Plumones indelebles
- GPS
- Cámara fotográfica
- Tijeras de podar

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Trabajo en campo**

La localización de las especies de *Gentianella* a nivel de campo ha requerido de la revisión y análisis de la información consignada en los registros del herbario CPUN de la Universidad Nacional de Cajamarca, así como de los resultados de investigaciones semejantes a la presente (Montoya 2014, Sanabria 2014, Seminario y Escalante 2016, Seminario y Sánchez 2010 y Sánchez 2014), e información de personas que usan o comercializan a las *Gentianellas* como plantas medicinales.

La distribución y superficies ocupadas por las especies de *Gentianella* se determinaron haciendo un recorrido en las zonas de estudio, georreferenciando y mapeando los lugares donde están presentes las especies.

Los registros climáticos se tomaron de dos estaciones meteorológicas administradas por el SENAMHI, una ubicada en la Jalca de Hualgayoc, a 3815 msnm y la otra, en el distrito de Jesús, a 2700 msnm.

### **3.3.1.1. Determinación de especies acompañantes de las especies del género *Gentianella***

La frecuencia y abundancia de las especies de *Gentianella* y de sus especies acompañantes, fueron determinadas en base a 20 muestreos al azar utilizando la técnica del metro cuadrado. Para el cálculo de la frecuencia, se determinó la presencia de las especies tanto acompañantes como de las gentianellas en el total de muestreos realizados y, para determinar la dominancia se contabilizó el número de individuos por especie.

Las especies acompañantes de las diferentes especies de *Gentianella*, fueron colectadas y puestas entre dos capas de papel absorbente dentro de una prensa de herbario y, finalmente secadas al medio ambiente. Luego, las muestras fueron montadas e identificadas haciendo uso de claves taxonómicas y por comparación con ejemplares existentes en el herbario CPUN. Para esta actividad se contó con la ayuda del especialista de esta institución.

### **3.3.1.2. Determinación de la densidad de las especies del género *Gentianella*.**

Para determinar la densidad de cada especie de *Gentianella*, en los lugares donde se visitó (Jalca de celendin, La Encañada, Chetilla, Jesús, Namora, Frutillo Bajo, Coimolache), se contabilizó el número de plantas presentes en 20 superficies de terreno de 16 m<sup>2</sup> cada una (repeticiones), aleatoriamente distribuidos dentro del área evaluada. Finalmente, los resultados fueron presentados como número promedio de plantas por metro cuadrado.

### **3.3.1.3. Regeneración de las poblaciones del género *Gentianella*.**

Para determinar la regeneración de cada especie de *Gentianella*, producto de semilla botánica en campo., en los lugares donde se visitó (Jalca de celendin, La Encañada, Chetilla, Jesús, Namora, Frutillo Bajo, Coimolache), se contabilizó el número de plántulas

presentes en 20 superficies de terreno de 1 m<sup>2</sup> cada una (repeticiones), aleatoriamente distribuidos dentro del área evaluada. Dicha evaluación se realizó en el mes de noviembre, mes en que se inicia la fase vegetativa de las *Gentianellas*. Finalmente, los resultados fueron presentados como número promedio de plantulas por metro cuadrado.

### **3.3.2. Trabajo de gabinete**

#### **3.3.2.1. Determinación de diversidad Alfa ( $D\alpha$ )**

En cada lugar evaluado, se determinaron los índices de la diversidad alfa correspondientes a cada una de las especies de *Gentianella*: Riqueza específica, Shannon- Wiener y de Simpson. Así, en el distrito de la Encañada, se determinó la densidad alfa de *G. bicolor*, en la Jalca de Celendín, la correspondiente a *G. gramínea* y *G. crassicaulis* y en la Jalca de Hualgayoc, la diversidad alfa de *G. dianthoides*.

### **3.3.3. Trabajo de laboratorio**

#### **3.3.3.1. Determinación de materia seca**

Las muestras vegetales y plantas de las especies de *Gentianella* para las determinaciones de materia seca variaron en función a las características morfológicas de las especies. Así, en *G. crassicaulis*, una especie rizomatosa, la materia seca se determinó en una muestra compuesta de 30 matas, mientras que en *G. dianthoides*, *G. gramínea* y *G. bicolor* la muestra estuvo compuesta de 30 plantas, pues al no presentar rizomas, la planta no forma mata. En todas estas especies, la materia seca fue determinada en el estado de floración (mes de agosto).

En *G. crassicaulis* por ser la especie de mayor tamaño y con una clara diferenciación de sus órganos, se hicieron determinaciones de materia seca para cada una de sus cuatro partes principales: tallo, hojas, raíz rizoma y eje floral. Contrariamente, para el caso de *G. gramínea*, *G. bicolor* y *G. dianthoides*, por ser plantas pequeñas y siendo difícil separar

cada parte, se hicieron determinaciones de materia seca, tanto para la parte aérea (hojas, tallos, flores y frutos), como para la parte subterránea (raíz) de las plantas.

En todos los casos, previo a la determinación de materia seca (Figura 3.2), se registró el peso fresco por planta, luego las muestras fueron colocadas dentro de una estufa con temperatura regulada a 105° C, hasta alcanzar peso estable. Finalmente se expresó la materia seca como porcentaje del peso fresco.

### **3.3.3.2. Determinación del poder germinativo de las especies del género *Gentianella*.**

Para este ensayo se utilizaron semillas seleccionadas al azar, de 2 meses de edad postcosecha. Las cuáles fueron dispuestas en placas Petry y papel absorbente, con suficiente humedad, a temperatura y luz del ambiente. Se realizaron dos repeticiones. Las evaluaciones se iniciaron a los siete días de haberlas establecido el experimento, y se realizaron cada tres días hasta los 60 días.

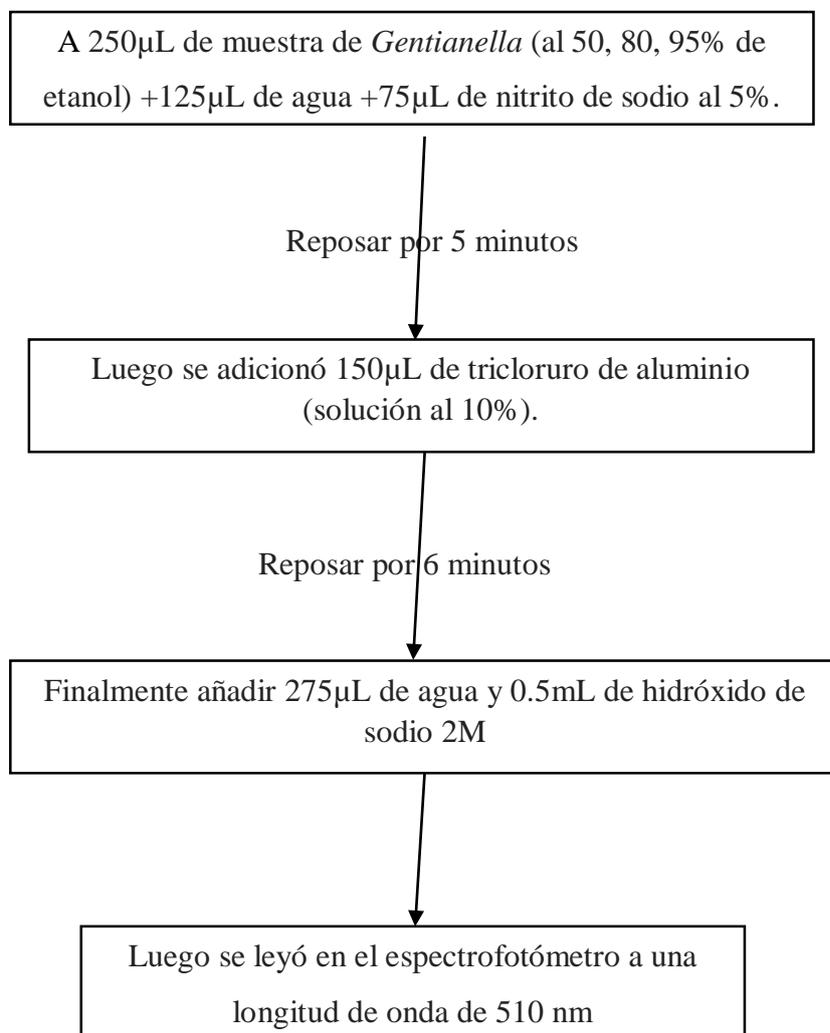
### **3.3.3.3. Análisis físico químico del suelo**

Muestras representativas de la capa arable del suelo en el cual se encontraron poblaciones naturales de *gentianella*, fueron tomadas con el fin de realizar su caracterización física y química en el laboratorio del “Instituto Nacional de Innovación Agraria” Baños del Inca, Cajamarca. Se realizaron cuatro análisis, uno para cada área de suelo en el cual crecían de forma natural las cuatro especies de *Gentianella*.

### **3.2.3.4. Determinación de catequina**

Para determinar la concentración de la catequina se utilizó el método de espectrometría, basándonos en la capacidad de absorción que tienen dichos compuestos para absorber luz a diferentes longitudes de onda, en éste caso se va analizar la catequina a una longitud de onda de 510 nm. El procedimiento para determinar la catequina se muestra en la figura

3.3, variando tan solo la concentración de etanol que fue al (50-80-95%) el contenido de catequina, se expresa en mg de catequina por g de extracto.



**Figura 2.** Procedimiento para la determinación de catequina en todas las especies de *Gentianella* en estudio.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación, siguiendo el orden de los objetivos y, se discuten en función a los antecedentes y las bases teóricas.

#### **4. Estado de conservación de las poblaciones de las especies del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.**

##### **4.1.Descripción de las especies identificadas en el área de estudio.**

###### **4.1.1. *Gentianella graminea* (Kunth) Fabris**

*G. graminea* conocida como “Chinchimali” en la Jalca de Celendín y Chetilla, y “Sumaran” en la Jalca de Hualgayoc., Es una hierba perenne, de 25 cm de altura. Tiene Raíz axonomorfa de 5 cm de longitud. Las hojas son lineales y delgadas, se ubican en la base de la planta. El botón floral es de color blanco-purpura, al inicio y, conforme madura se torna totalmente blanco.

La flor es actinomorfa tiene forma de campana, de ovario supero, 5 sépalos fusionados en forma de un tubo corto de color verde claro, 5 pétalos blancos y 5 estambres amarillentos con anteras libres de color marrón (Murbeck 1985) (figura 4.1).

El fruto de *G. graminea* es una cápsula septicida (Murbeck 1985), de color marrón oscuro, de 16 mm de longitud y de 2 mm de diámetro. Las semillas son pequeñas, lisas, esféricas de 0.5 mm de diámetro, todas las semillas de un fruto no maduren al mismo tiempo son de color blanquecino antes de la madurez y de color marrón cuando están maduras. Cada fruto contiene en promedio 27 semillas, 1000 semillas pesan 180 mg. La parte terminal el

fruto tiene una apertura que permite la salida de las semillas para su diseminación (figura 4.2).



**Figura 3.** Planta de *Gentianella graminea* en floración. Flor con pétalos blancos.



**Figura 4.** Fruto de *Gentianella graminea*, capsula septicida. Semillas esféricas, marrones.

#### 4.1.2. *Gentianella bicolor* (Wedd.) Fabris ex J.S. Pringle

Especie conocida con el nombre de “Corpus Huaita”, “Flor de Cristo” en los distritos de la Encañada, Jesús y Namora, y “Mashca Mashca” en el distrito de Bambamarca. Es una hierba anual, de 30 cm de altura. Raíz axonomorfa de seis cm de longitud. Las hojas son delgadas, de color verde purpura, el tallo tiene un eje floral principal, el cual, se divide en ejes florales secundarios.

La flor es actinomorfa y acampanada, son de color purpura- azulado, tiene ovario supero, tiene cinco pétalos, cinco sépalos fusionados en un tubo corto de color morado claro, cinco pétalos y cinco estambres cremosos con anteras libres negras (Murbeck 1985) (figura 5).

El fruto de *G. bicolor*, es una cápsula septicida de color marrón- amarillento (Murbeck 1985), de 18 mm de longitud y de 3 mm de diámetro, cada fruto tiene 36 semillas (promedio de 10 semillas). Las semillas son lisas, esféricas de color negro, con un diámetro de 0.5 mm, 1000 semillas pesan 303 mg. Las semillas presentes en un fruto maduran al mismo tiempo, además el fruto tiene una apertura en la parte apical, que le facilita la diseminación de las semillas (figura 6).



**Figura 5.** Planta de *Gentianella bicolor* en floración. Flor, pétalos morados y estambres con anteras marrones.



**Figura 6.** Fruto de *Gentianella bicolor*, capsula septicida cremosa. Semillas esféricas, negras.

#### **4.1.3. *Gentianella dianthoides* (Kunth) Fabris ex J.S. Pringle**

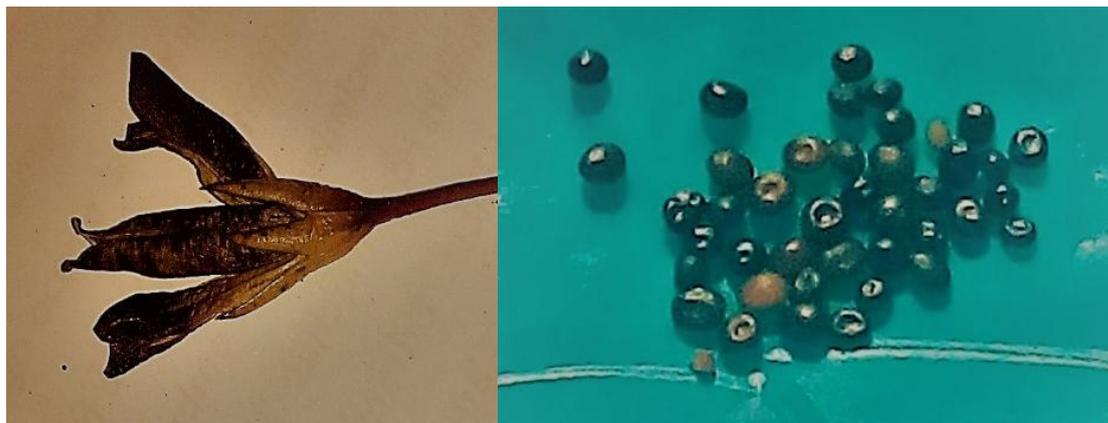
Especie conocida con el nombre de “Sumaran Anaranjado” en la Jalca de Hualgayoc, y como “Amargón anaranjado” o “Corpus huait anaranjado” en la Jalca de Celendín. Es una hierba anual, de 35 cm de longitud. Raíz axonomorfa de 6 cm de longitud. Hojas delgadas, de color verde-amarillento, todos los ejes florales salen de la base de la planta.

Las flores son acampanadas, son de color rojo- anaranjado, la flor actinomorfa, tiene ovario supero con cinco pétalos, 5 sépalos unidos, estambres cremosos y anteras color marrón blanquecinos (Murbeck 1985) (figura 7).

El fruto de *G. dianthoides*, es una cápsula septicida (Murbeck 1985), de color marrón claro, de 20 mm de longitud, 3 mm de diámetro, cada fruto en promedio tiene 42 semillas, en la parte apical el fruto tiene una apertura en la parte apical que le facilita la diseminación de las semillas. Las semillas son esféricas de color negro, cada semilla tiene un diámetro de 0.5 mm, 1000 semillas pesan 170 mg. Las semillas de un fruto maduran al mismo tiempo (figura 8).



**Figura 7.** Planta de *Gentianella dianthoides* en floración. Flor y sus partes.



**Figura 8.** Fruto de *Gentianella dianthoides*, capsula septicida marrón. Semillas esféricas, negras.

#### 4.1.4. *Gentianella crassicaulis* J.S. Pringle

*G. Crassicaulis*, es conocida como “Amargón Morado” o “Corpus Huait Morado” en la jalca de Celendín. Es la especie de mayor tamaño, tiene una altura promedio de 45 cm. Raíz axonomorfa de 10 cm de longitud, dicha especie tiene rizomas que le permite su conservación año tras año. Hojas ubicadas solo en la base de la planta, las hojas más viejas normalmente están secas o en estado de descomposición, debido a los suelos con gran cantidad de humedad. El tallo está comprimido, tiene 8 cm de longitud con entrenudos cercanos, de cada tallo sale un eje floral a lo largo del cual se distribuye las flores de color púrpura, en promedio hay 4 ejes florales por planta (figura 9).

El fruto, es una cápsula septicida (Murbeck 1985), de color marrón oscuro, tiene 22 mm de longitud, 3 mm de diámetro, no se encontró semillas esto puede ser debido al ataque de patógenos e insectos (figura 10).



**Figura 9.** Planta de *Gentianella crassicaulis* en floración. Flor, pétalos y sépalos morados.



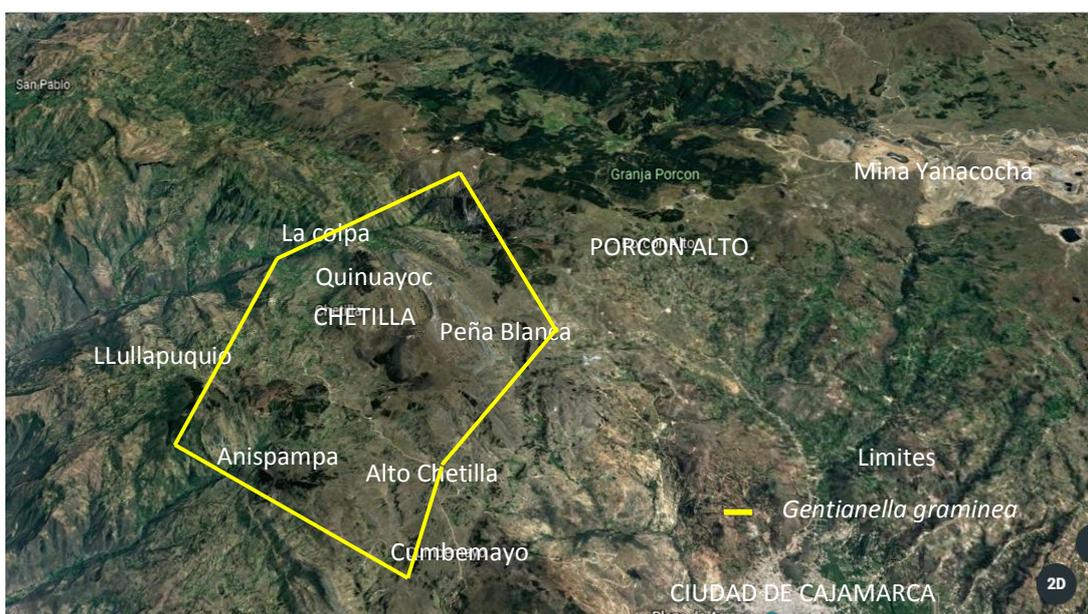
**Figura 10.** Fruto de *Gentianella crassicaulis*, cápsula septicida marrón con una abertura que permite la diseminación de las semillas.

## 4.2. Áreas de distribución y ecología, de las especies del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.

### 4.2.1. Área de distribución y uso de *Gentianella graminea* en Cajamarca.

*G. graminea*, fue localizada en la Jalca Chetilla, distrito de Cajamarca, en las coordenadas UTM 760789E y 92108178N, entre los 3500 y 3700 msnm, desde cerca al centro turístico de Cumbemayo hasta el centro poblado de Porcón, abarcando varias comunidades: Alto Chetilla, Peña Blanca, Anispampa, Quinuayoc y La Colpa (figura 11).

**Usos.** Los lugareños la utilizan como antigripal y para el control del colesterol.



**Figura 11.** Distribución de *Gentianella graminea* en distrito de Chetilla, Cajamarca.

### 4.2.2. Poblaciones de *Gentianella bicolor* en Hualgayoc

Las poblaciones naturales de *G. bicolor*, fueron encontradas en la comunidad de Frutillo Bajo, en las coordenadas UTM 772166E y 9258690N, a 8 kilómetros de la ciudad de Bambamarca en la provincia de Hualgayoc. Cubren un área aproximada de 5 has, ubicadas entre los 2700 y 2750 msnm (figura 12). Específicamente, se encuentran colonizando la falda de un cerro, cerca al cementerio de la comunidad, donde aún no se practica la agricultura ni la ganadería.

**Usos.** Es usada como antigripal y mitigador de dolores post parto.

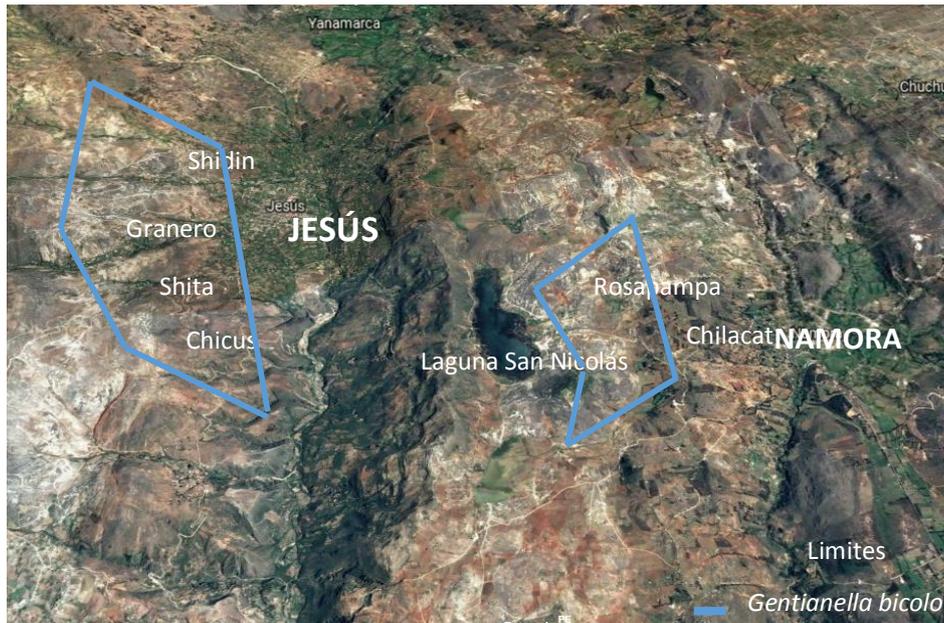


**Figura 12.** Localización de *Gentianella bicolor* en la comunidad de Frutillo Bajo.

#### **4.2.3. Poblaciones de *Gentianella bicolor* en los distritos de Jesús y Namora en la provincia de Cajamarca**

En el distrito de Jesús, *G. bicolor* crece de manera natural en los cerros y colinas circundantes a la ciudad de Jesús y las comunidades del Granero, Shita, Shidin y Chicus, en un rango altitudinal comprendido entre los 2 700 y 3 000 msnm y de preferencia en suelos secos, en las coordenadas UTM 788657E y 9196844N (figura 13). En el distrito Namora, *G. bicolor* se localizó en los cerros cercanos a la laguna “San Nicolás”, en las coordenadas UTM 794699E y 9199482N. Los cuales están conformados por suelos pedregosos, con poca humedad y ubicados alrededor de los 2750 msnm,

**Usos.** En ambos distritos de Namora y Jesús dicha especie es usada como purificador sanguíneo y en preparados caseros para reducir la inflamación hepática.

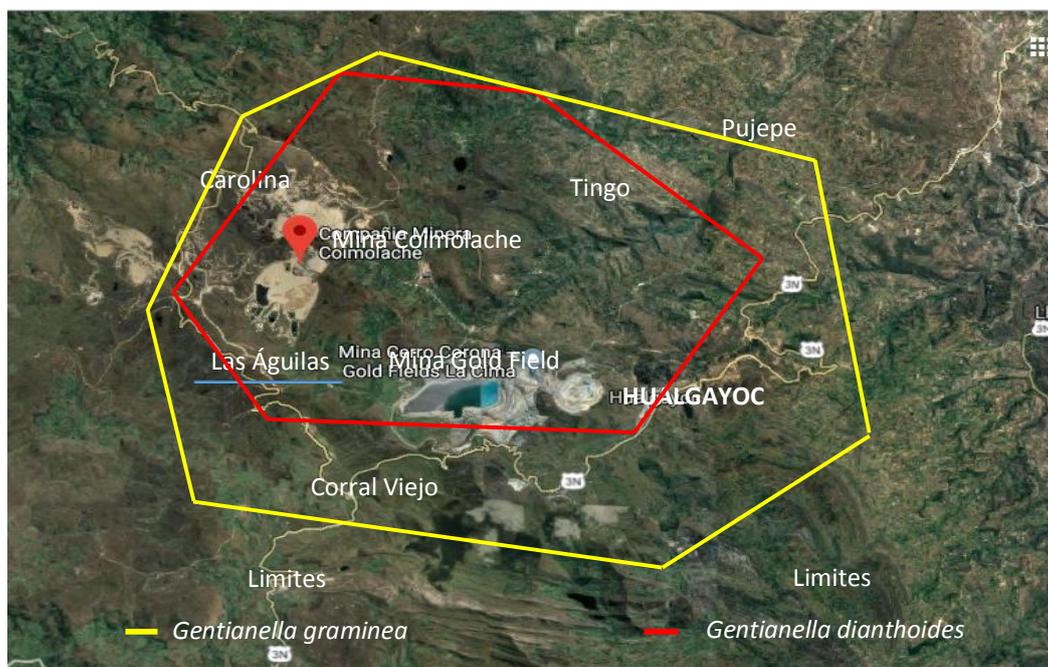


**Figura 13.** Localización de *Gentianella bicolor* en los distritos de Jesús y Namora, provincia de Cajamarca.

#### **4.2.4. Ubicación de las poblaciones de *Gentianella dianthoides* y *G. graminea* en el distrito de Hualgayoc.**

En el distrito de Hualgayoc, *G. dianthoides* y *G. graminea* se distribuye en espacios no disturbados con una altitud media de 3700 msnm, en las cordenas UTM 766530E y 9251154N, desde los cerros cercanos a la ciudad de Hualgayoc, hasta las áreas vírgenes pero concesionadas a las Empresas Mineras Coimolache y Gold Field (figura 14). Por tanto, la conservación de las poblaciones de *G. dianthoides*, *G. graminea* y otras especies medicinales se encuentran amenazadas por la actividad minera.

**Usos.** Ambas especies de *Gentianella* son usadas como insumo para la preparación de remedios antigripales y otros que ayudan a controlar males hepáticos y dolores estomacales.

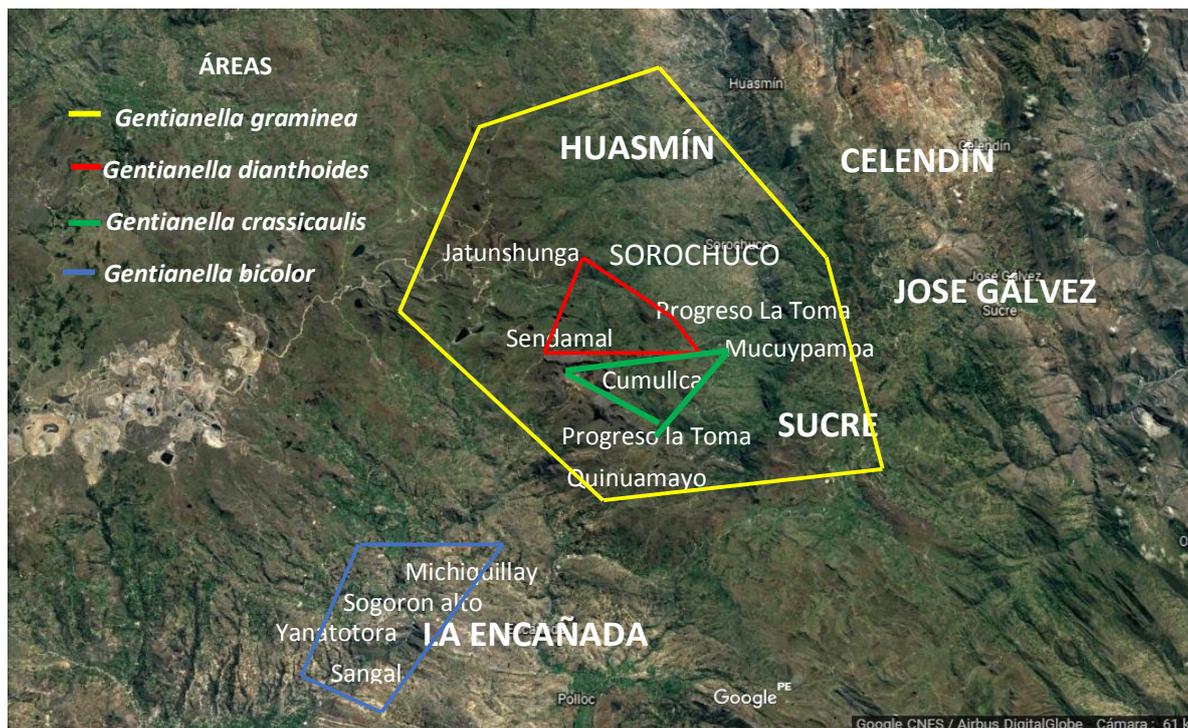


**Figura 14.** Localización de *Gentianella graminea* y *Gentianella dianthoides* el distrito de Hualgayoc.

#### 4.2.5. Ubicación de las especies del género *Gentianella* en la Encañada y Celendín.

Tanto en la Encañada como en Celendín, *G. graminea*, cubre mayor superficie que las otras especies (*G. dianthoides*, *G. bicolor*). Se la encuentra en las comunidades de Quinuamayo, Progreso la Toma, Mucuypampa, Hierba Buena y otras cercanas localizadas en la parte alta de la Encañada, provincia de Cajamarca, sobre los 3600 msnm. También en los distritos de Sucre (coordenadas UTM 813421E y 9228524N), Huasmín (coordenadas UTM 799423 E y 9235763) y Sorochuco (coordenadas UTM 800598 E y 9221164N), de la provincia de Celendín (figura 15), en altitudes comprendidas entre 3600 y 4000 msnm, dentro de áreas cubiertas de pajonales y otros ecosistemas naturales habitados por una gran diversidad de plantas medicinales. Contrariamente, las especies de *G. dianthoides* y *G. crassicaulis*, abarcan áreas pequeñas, situadas en la parte más alta de la Jalca, en las comunidades de Sendamal y Jatushunga del distrito de Sorochuco, entre los 3800 y 3900 msnm.

En el distrito de La Encañada, *G. bicolor* se localizó en las comunidades de Sangal, Yanatotora, Huaitorco, Los Alisos, El Ahijadero, Sogoron y Michiquillay; todas cercanas a la ciudad de la Encañada, entre los 3000 y 3200 msnm, en las coordenadas UTM 793720E y 9217380N (figura 15).



**Figura 15.** Distribución de las especies de *Gentianella graminea*, *G. crassicaulis*, *G. bicolor*, *Gentianella dianthoides*, en los distritos de La Encañada (Cajamarca), Sorochocho, Huasmín y Sucre (Celendín).

**Usos.** Las especies de *Gentianella*, tienen diversos usos dentro de la medicina tradicional practicada por los pobladores de Celendín y La Encañada (tabla 7). Se utilizan plantas completas al estado fresco o seco las cuales son sumergidas en agua caliente durante 4 minutos (te). Los pobladores afirman que, si no se tiene en cuenta la temperatura del agua y el tiempo de inmersión, el preparado puede ser tóxico, perjudicando la salud.

**Tabla 7.** Usos de las especies de *Gentianella* en la Jalca de Celendín y La Encañada.

Especie	Celendín	Encañada
<i>G. dianthoides</i>	Infección del hígado, purifica la sangre.	Contra el dolor de hígado, contra el acné.
<i>G. bicolor</i>	....	Contra la gripe.
<i>G. crassicaulis</i>	Dolor estomacal	Cólicos estomacales.
<i>G. graminea</i>	Contra la gripe, contra el sobrepeso, contra el acné.	Contra la gripe, controla la obesidad, mejora funciones del hígado.

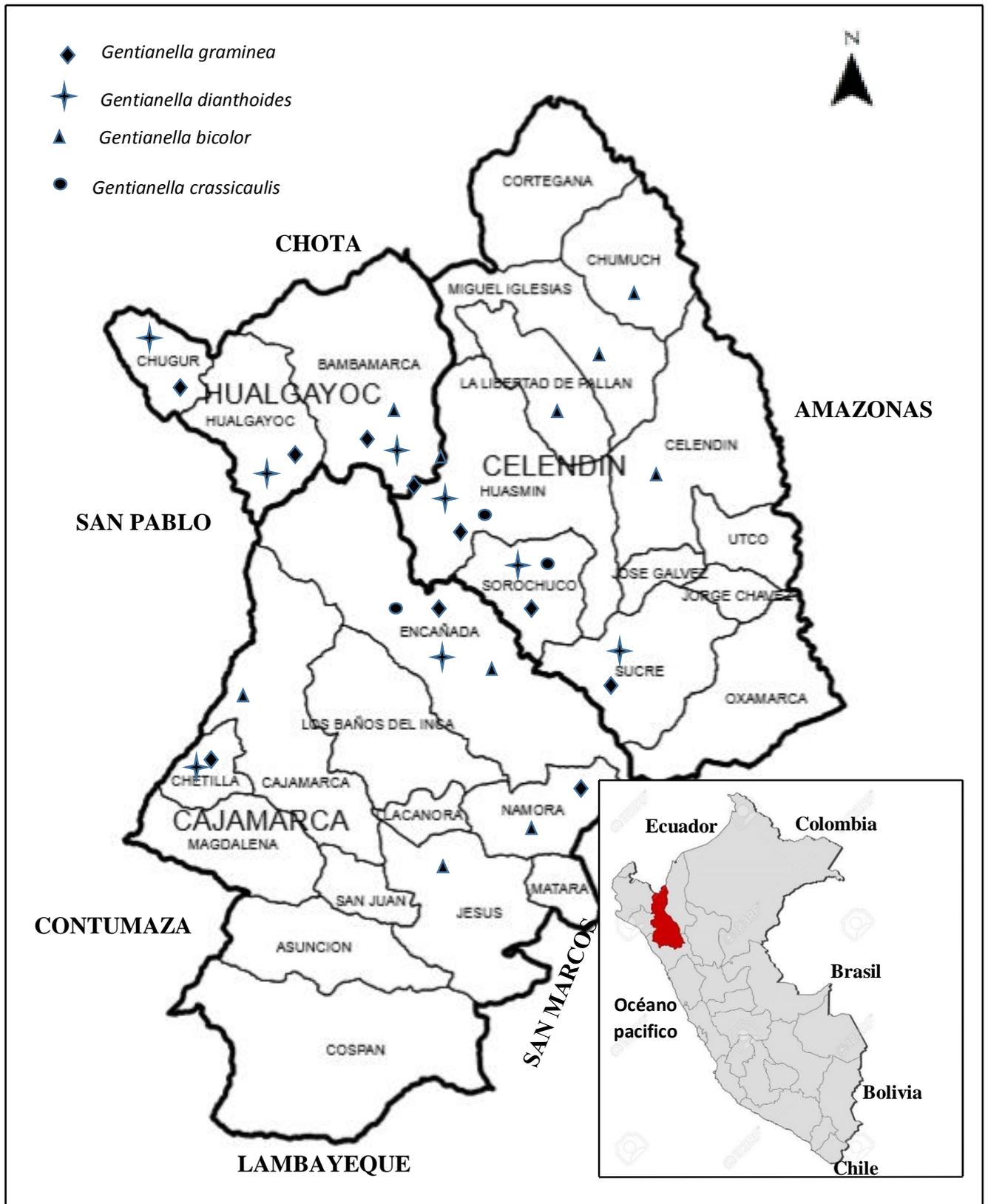
### **4.3. Presencia de las especies del género *Gentianella* en los distritos de las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.**

En la figura 16, se muestra la presencia de las cuatro especies evaluadas del género *Gentianella* en los distritos de las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca. Para su elaboración, se tomó como referencia nuestros recorridos en campo, así como los inventarios presentes en el herbario CPUN de la Universidad Nacional de Cajamarca, tesis, artículos científicos e información de personas que conocen de su localización.

En la provincia de Cajamarca, cinco de doce distritos (Cajamarca, Chetilla, La Encañada, Jesús y Namora) tienen nichos ecológicos en los cuales crecen poblaciones naturales de *Gentianella*: *G. graminea*, en los distritos de Chetilla y Namora; *G. dianthoides* y *G. crassicaulis*, en La Encañada; *G. bicolor*, en Cajamarca, Jesús, Namora y La Encañada.

En la provincia de Celendín, siete de los doce distritos (Sucre, Sorochuco, Huasmín, Celendín, Libertad de Pallan, Miguel Iglesias, Chumuch) tiene nichos ecológicos en los cuales crecen poblaciones naturales de *Gentianella*: *G. graminea*, en los distritos de Sorochuco, Sucre, Huasmín; *G. bicolor*, en Celendín, Chumuch, La Libertad de Pallan y Miguel Iglesias; *G. dianthoides*, *G. Crassicaulis* y *G. graminea*, en Sorochuco, Huasmín, Sucre.

En la provincia de Hualgayoc, en todos sus distritos (Hualgayoc, Bambamarca, Chugur) tiene nichos ecológicos en los cuales crecen poblaciones naturales de *Gentianella*: *G. bicolor* en el distrito de Bambamarca., *G. graminea*, *G. dianthoides* en los distritos de Bambamarca, Hualgayoc, Chugur.



**Figura 16.** Presencia de las especies de *Gentianella* en los distritos de las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.

#### **4.4.Estado de conservación y factores de riesgo para la conservación de las especies del género *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.**

##### **4.4.1. Estado de conservación.**

A través del Libro Rojo de las Especies Endémicas del Perú, Castillo *et al.* (2006) categoriza a las poblaciones de *G. dianthoides* y *G. crassicaulis* como poblaciones amenazadas. Los factores o causa de amenaza serían el deterioro de su hábitat por pastoreo intensivo y la quema de los pajonales alto andinos.

Según lo visto en campo, el estado de las poblaciones de las *Gentianellas* se ve influenciado no solo por el pastoreo y la quema de pajonales, sino por las diferentes actividades antrópicas, cuyo tipo e intensidad varían de un lugar a otro.

En la Jalca de Sorochuco, Huasmín y Sucre, provincia de Celendín y parte alta de La Encañada, lugares habitados por *G. dianthoides*, *G. graminea* y *G. crassicaulis*, se observa que las poblaciones de estas especies se encuentran entre los pajonales ubicados en lugares libres de agricultura y ganadería, con alturas promedio de 3800 msnm. Sin embargo, en áreas aledañas a las descritas, es evidente la instalación de pastos mejorados, ganadería, figura 17 y reforestación con especies como el pino (*Pinus* sp.), los cuales alteran el hábitat evitando un adecuado desarrollo de las especies de *Gentianella*. Además, el estado de conservación de éstas, se ve influenciado por la construcción de carreteras, las que, a su vez, favorecen el biocomercio. Así, en base al testimonio de los pobladores se conoce que el comercio de plantas medicinales se ha incrementado en los últimos años. Esta actividad involucra a las especies de *Gentianella*, particularmente a *G. graminea* “Chinchimali”, la cual, se comercializa en los mercados de Cajamarca, La Encañada y Combayo.



**Figura 17.** Intervención de la ganadería en la Jalca de Celendín, hábitat donde se desarrolla las especies del género *Gentianella*.

En la Jalca de Hualgayoc la presencia de poblaciones de *G. graminea* y *G. dianthoides*, se restringe a las áreas no intervenidas por la actividad minera, siendo ésta su principal amenaza (figura 18). La presencia de la ganadería y la agricultura es mínima. Dichas especies no se comercializan por ser territorios privados y áreas de paso restringido.



**Figura 18.** Mina a atajo abierto en Coimolache, Hualgayoc, lugar donde habita *Gentianella dianthoides* y *Gentianella graminea*.

En los distritos de Jesús, Namora y La Encañada, provincia de Cajamarca; y la comunidad del Frutillo Bajo en el distrito de Bambamarca habita *G. bicolor*. En la mayoría de espacios que ocupa ésta especie no se practica la agricultura ni la ganadería por presentar suelos secos y con poca vegetación. Sin embargo, hay áreas en el distrito de Jesús, ocupadas por *Gentianella bicolor* que están siendo ocupadas por cultivos como la cebada (*Hordeum vulgare* L.) y el trigo (*Triticum aestivum*). De igual manera, en el distrito de la Encañada, los espacios geográficos ocupados por *Gentianella bicolor*, están siendo reforestados con eucalipto (*Eucaliptus globulus* Labill).

#### **4.4.2. Factores de riesgo**

Los factores de riesgo para la conservación de las especies de *Gentianella* son:

##### **4.4.2.1. Incremento demográfico**

La presencia humana en la Jalca se inicia con la ganadería, pequeña agricultura, la extracción de plantas medicinales y últimamente la minería. La ocupación de la Jalca se intensifica a partir de 1940 por la fragmentación y venta de terrenos de haciendas y el crecimiento del mercado de la leche.

Hoy, es evidente que La presencia humana en la Jalca está incrementándose. Por un lado, por la llegada de los criadores de ganado cuando el pasto escasea en la zona baja y, por otro lado, por el desarrollo de la actividad minera que está transformando lo que hasta inicios de 1990 era una zona poco poblada, ocupado por ganaderos de bajos recursos, propietarios o inquilinos (Rodríguez, citado por Seminario y Sánchez 2010).

#### **4.4.2.2. Ganadería y agricultura**

Los mejores terrenos agrícolas ubicados en la región quechua, han sido remplazados por pastos mejorados, provocando que la agricultura se traslade hacia la Jalca. El crecimiento de la población en esta región, ocasiona escases de áreas de cultivo y pastoreo, motivando la conquista de la Jalca, sumándose a ello la minería. Hoy existen cultivos hasta los 3700 msnm. Lo anterior ha determinado que grandes extensiones de pajonales sean sustituidas por cultivos andinos.

Con la llegada de PERULAC (hoy Nestlé) a Cajamarca en enero de 1947 y la apertura de carreteras se inicia la crianza de ganado lechero y la sustitución de pastos nativos por mejorados. Desde 1990, Nestlé y Gloria, vienen extendiéndose hacia la Jalca. Hoy, se estima que más de 90 % de la Jalca Alta está dedicada a la ganadería (Rodríguez, citado por Seminario y Sánchez 2010).

#### **4.4.2.3. Minería a tajo abierto**

La minería en la Jalca de la provincia de Cajamarca, se establece a partir de 1992, en áreas muy vulnerables, cuyos impactos negativos son notorios. Uno de los efectos más notorios es la desaparición de lagunas como las de Yanacocha, San José, Maqui Maqui y otras. La minería seguirá impactando económica, social y ecológicamente a la jalca. Modificará el paisaje y alterará las relaciones sociales y las vinculaciones del hombre con la tierra.

La propiedad de Minería Yanacocha al 2006 era de 25 000 ha, de las cuales se había perturbado 5 000 ha, cinco veces la ciudad de Cajamarca. El proyecto Yanacocha Este, es de 10 760 ha, Yanacocha Oeste, 10 949 ha, Carachugo II, 407 ha, Minas Conga, 9830 ha, El Galeno, 1 347 ha y Michiquillay 4 550 ha, todos ubicados en la Jalca. En La Encañada, San Silvestre de Conchán, Tongod y Tumbaden la minería alcanza el 100 % de su territorio. A febrero del 2007, el 87 % de Baños del Inca del distrito de Cajamarca; el 97 % de Sorochuco; el 54% de Huasmín; el 65 % de Bambamarca y el 86 % de Hualgayoc están concesionados, áreas con gran diversidad de especies medicinales que los lugareños extraían y hoy están prohibidos de hacerlo (Rodríguez, citado por Seminario y Sánchez 2010)

Las actividades antrópicas afectan la conservación de las especies vegetales, pero no todas alcanzan ciertos hábitats como peñas, faldas de cerros, pantanos, rocas y otros que sirven de refugio a especies de flora y fauna. Sin embargo, la minería afecta todos los hábitats, incluso los acuáticos subterráneos (Rodríguez, citado por Seminario y Sánchez 2010).

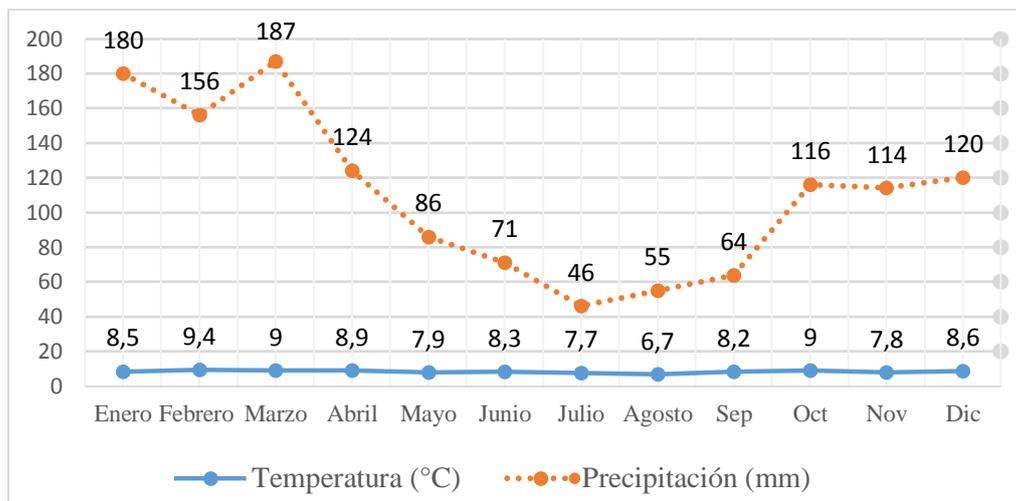
#### 4.4.3. Características edafo climáticas de la zona de vida de tres especies: *G. graminea*, *G. crassicaulis* y *G. dianthoides*.

Los suelos de la región Jalca donde habitan las especies de *Gentianella*: *G. graminea*, *G. crassicaulis* y *G. dianthoides*, presentan un pH extremadamente ácido, textura gruesa (franco-arenoso y franco) y alto contenido de materia orgánica, especialmente el suelo sobre el cual crece *G. crassicaulis* (9.91%), caracterizado por una degradación parcial de restos orgánicos, pues se trata de suelos pantanosos expuestos a una reducida temperatura ambiental (tabla 8).

**Tabla 8.** Textura, reacción, materia orgánica y contenido de P y K del suelo de tres especies de *Gentianella*.

Especie	Textura	pH	M.O (%)	P(Pp m)	K(Pp m)	Lugar
<i>G. crassicaulis</i>	Franco arenoso	5.1	9.91	58	235	Jalca de Kumulca, Celendín, 3800 msnm
<i>G. dianthoides</i>	Franco arenoso	4.5	6.3	23	110	Jalca de Hualgayoc, 3850 msnm.
<i>G. graminea</i>	Franco	3.9	5.7	35	180	Jalca de Kumulca, Celendín, 3700 msnm.

Los registros climáticos de la Jalca de Hualgayoc, representativa de las tres zonas de estudio, localizada a 3815 msnm, muestra temperaturas mínimas de 0 °C en los meses más fríos y secos del año (Julio, agosto) con una temperatura promedio diaria de 6.7 a 9.4 °C, la precipitación promedio anual, es de 1320 mm. En el curso del año, las precipitaciones de mayor intensidad se presentan octubre y abril (figura 19).



**Figura 19.** Precipitación (mm/mes) y temperatura promedio diaria (° C) en el año 2016 en la Jalca Hualgayoc. (SHENAMI- Hualgayoc).

#### 4.4.4. Fenología de tres especies de *Gentianella*: *G. graminea*, *G. dianthoides* y *G. crassicaulis*.

Una descripción aproximada del ciclo anual de las poblaciones de *G. graminea*, *G. dianthoides* y *G. crassicaulis*, se presenta en la figura 20. Desde noviembre hasta fines de abril, las plantas están en estado vegetativo. A partir de abril o inicios de mayo (coincidiendo con las últimas lluvias de la temporada) se hacen visibles las inflorescencias y desde fines de junio hasta octubre, se produce la plena floración, fructificación y dispersión de semilla. Estos procesos son progresivos. Es decir, en un momento determinado, en un mismo eje reproductivo, se encuentran flores, frutos y semillas en diferentes estados de desarrollo. En los meses de septiembre y octubre se produce el secado total de las infrutescencias, con caída de las estructuras reproductivas por efecto del viento (figura 21).

Fase vegetativa						Fase reproductiva					
Crecimiento lento de nuevos brotes en matas establecidas de <i>G. graminea</i> y <i>G. crassicaulis</i> . Emergencia y crecimiento de plántulas originadas de semilla de las tres especies de <i>Gentianella</i> .						Inflorescencia visible, crecimiento de escapo floral, floración, fructificación y dispersión de semilla			Fin de la floración y pérdida de estructuras reproductivas.		
<b>N</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>

**Figura 20.** Fenología de las poblaciones de *Gentianella graminea*, *Gentianella dianthoides* y *Gentianella crassicaulis* en las Jalca de Hualgayoc, Cajamarca y Celendín. (Las letras en la parte inferior significan los meses del año).

La manifestación de los estadios puede variar ligeramente, según las condiciones climáticas: El desarrollo fenológico de las poblaciones está estrechamente relacionado con el comportamiento de las precipitaciones pluviales y la temperatura del sitio, mostradas en la figura 19, de modo que, la fase vegetativa corresponde al periodo de lluvias y las temperaturas más altas del año y, la fase reproductiva corresponde al periodo de estiaje y las temperaturas más bajas.

*G. graminea* y *G. crassicaulis* son especies perennes. Las poblaciones se regeneran de dos formas: (1) a través de semilla botánica y (2) conservación vegetativa, en la cual, la planta no se seca en su totalidad, tan solo se secan los ejes florales y las hojas más viejas, quedando la corona en el suelo de cuya base crecen nuevos brotes, formando cada año, una mata más grande. Esto es lo que les permite conservarse año tras año. La regeneración de *G. dianthoides*, es solo a través de semilla botánica, la planta se seca en su totalidad al final del ciclo (figura 21).



**Figura 21.** Izquierda: planta adulta de *Gentianella crassicaulis*. Centro: Planta adulta de *Gentianella graminea* Derecha: planta adulta de *Gentianella dianthoides*.

#### 4.4.5. Regeneración natural de las poblaciones de las especies del género *Gentianella*.

La regeneración natural de poblaciones del género *Gentianella*, a través de semilla botánica (figura 22), es mayor en *G. bicolor*, lo cual puede atribuirse a la ausencia de pajonales en su nicho de vida y reducido número de especies acompañantes en el medio en que se desarrolla, lo cual favorece no solo la deposición de la semilla en suelo, sino también la recepción de una mejor calidad de luz y mantenimiento del fitocromo en su estado activo e incremento de las posibilidades de germinación. Lo contrario podría suceder en el nicho ecológico de *G. crassicaulis* (suelos pantanosos con abundante vegetación acompañante), la especie con menor regeneración de plantas, 1-2 por metro cuadrado (tabla 9).

**Tabla 9.** Poder germinativo y regeneración de plantas de tres especies de *Gentianella* a través de semilla botánica.

Especie	Poder germinativo (%)	Regeneración de plantas (plantas*m <sup>2</sup> )		
		Min	Max	Promedio
<i>Gentianella graminea</i>	16	1	4	2.3
<i>Gentianella dianthoides</i>	52	1	8	3.5
<i>Gentianella crassicaulis</i>	---	1	2	1.2
<i>Gentianella bicolor</i>	40	1	11	4.3



**Figura 22.** Plántulas de: (a) *Gentianella graminea*, (b) *Gentianella dianthoides*. (c), *Gentianella crassicaulis*, (d) *Gentianella bicolor*, originadas de semilla vistas en campo.

### **Ensayo de germinación de semillas de las especies del género *Gentianella*.**

La prueba de germinación se realizó en laboratorio, a temperatura ambiente, con una muestra de semilla sin seleccionar y tomada al azar. Las semillas de las tres especies de *Gentianella* tuvieron dos meses de haberlas colectado y presentaron una capacidad germinación variable en el tiempo. Este carácter es propio de una planta silvestre.

Las semillas empezaron a germinar a los 17 días después de sembradas y continuaron germinando, en número variable, hasta los 60 días, esto no descarta la probabilidad que la germinación se pueda prolongar por más días.

El tipo de germinación y morfología de las plántulas es similar en todas las especies de *Gentianella* (figura 23).



**Figura 23.** Izquierda: Semillas de *Gentianella* germinadas en placa Petri y papel absorbente. Derecha: Detalle de la semilla en germinación y cotiledones expuestos.

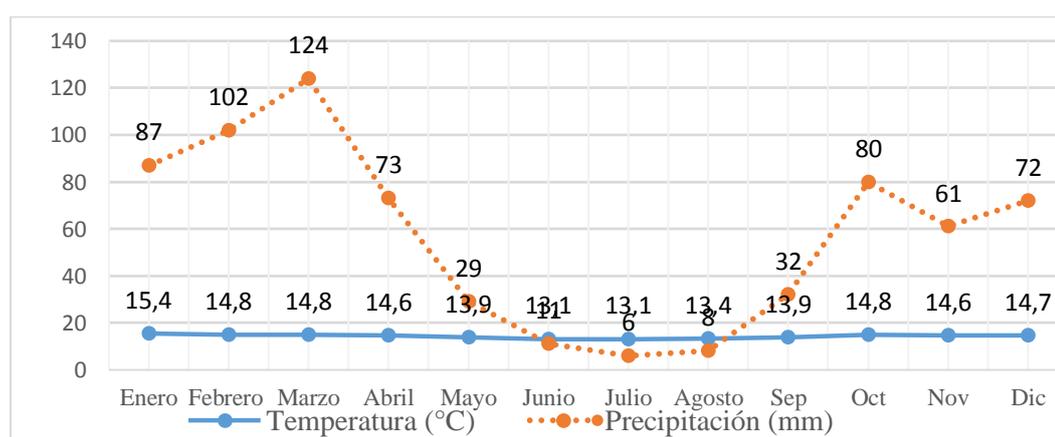
#### 4.4.6. Ambientales y ciclo de vida de *Gentianella bicolor*.

Las plantas de *Gentianella bicolor*, fueron localizadas en colinas y laderas de la comunidad de Huaytorco, distrito de la Encañada, ubicada a 2 900 msnm. Prefiere suelos secos, pedregosos, de reacción neutra, nivel medio de materia orgánica y alto contenido de potasio (tabla 10).

**Tabla 10.** Características físico-químicas del suelo que sustenta el crecimiento de *Gentianella bicolor*, en la comunidad de Huaytorco, la Encañada.

Textura	Reacción o pH	Materia orgánica (%)	Fosforo (Ppm)	Potasio (Ppm)
Franco arcilloso	7.3	3.4	6.7	345

Otro de los lugares en donde se encuentran poblaciones naturales de *Gentianella bicolor* es el distrito de Jesús, ubicado a 2700 msnm. Esta localidad presenta un clima seco, temperatura promedio diaria de 13.1 a 15.4 °C y precipitación promedio anual de 827 mm (figura 24).



**Figura 24.** Precipitación (mm/mes) y temperatura promedio diaria (° C) en el año 2016 en la Jesús (SHENAMI- Jesús 2016).

#### 4.4.6.1. Fenología de *Gentianella bicolor*

Una descripción aproximada del ciclo anual de las poblaciones de *G. bicolor*, se presenta en la figura 25. Desde septiembre hasta fines de marzo, las plantas están en estado vegetativo, coincidiendo con los meses de mayor precipitación. Con el inicio de las lluvias (septiembre y octubre) germinan las semillas y emergen las plantulas de *G. bicolor* cerca de las plantas secas de la misma especie (figura 26). A fines de marzo o inicios de abril (coincidiendo con las últimas lluvias de la temporada) se hacen visibles las inflorescencias y entre mayo y agosto, se produce la plena floración, la fructificación y dispersión de semillas.

Fase vegetativa							Fase reproductiva					
Emergencia y crecimiento de plántulas originadas de semilla.							Inflorescencia visible, crecimiento de escapo floral, floración, fructificación y dispersión de semilla					Fin de la floración y pérdida de estructuras reproductivas.
S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	

**Figura 25.** Fenología de las poblaciones de *Gentianella bicolor* en las provincias de Hualgayoc, Cajamarca y Celendín. (Las letras en la parte inferior significan los meses del año)

La manifestación de los estadios fenológicos de *G. bicolor* es menos variable en los meses del año, en comparación con las otras tres especies (*G. graminea*, *G. crassicaulis* y *G. dianthoides*), esto puede ser debido a las diferencias más marcadas de la época de estiaje y lluvias de la región en que se desarrolla (quechua). Según las condiciones climáticas: El desarrollo fenológico de las poblaciones está estrechamente relacionado con el comportamiento de las precipitaciones pluviales y la temperatura del sitio (figura 24), de modo que, la fase vegetativa corresponde al periodo de lluvias y las temperaturas más altas del año y, la fase reproductiva corresponde al periodo de estiaje y las temperaturas más bajas.



**Figura 26.** Planta seca y plántula de *Gentianella bicolor*.

#### 4.5. Índices ecológicos de las especies del género *Gentianella* y sus especies acompañantes

##### 4.5.1. Densidad de las *G. graminea*, *G. crassicaulis*, *G. dianthoides* y *G bicolor* en el área de estudio.

La densidad poblacional, es variable inclusive dentro de la misma especie de *Gentianella* debido a condiciones no controlables como la topografía, pedregosidad y otros factores como la actividad humana. En la Jalca de Celendín, es mayor la densidad poblacional de *G. graminea* en comparación con Chetilla y Jalca de Hualgayoc (Coimolache), esto puede atribuirse al escaso desarrollo de la actividad humana (agricultura y ganadería). Lo mismo sucede con *G. bicolor* en La Encañada (tabla 11).

**Tabla 11.** Promedio de densidad de las especies de *Gentianella* por sitio, en las provincias de Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.

Especie	Lugar	Densidad (plantas *m <sup>2</sup> )
<i>Gentianella graminea</i>	Jalca de Celendín	3.2
	Jalca de Hualgayoc (Coimolache)	2.8
	Chetilla	1.5
<i>Gentianella crassicaulis</i>	Jalca de Cumullca	1.4
<i>Gentianella bicolor</i>	Encañada	2.8
	Jesús	2.4
	Namora	1.4
	Frutillo Bajo	1.5
<i>Gentianella dianthoides</i>	Jalca de Hualgayoc (Coimolache)	3.1
	Jalca de Cumullca	1.4

*G. dianthoides*, tiene mayor la densidad poblacional, en la Jalca de Hualgayoc (Coimolache) que, en la Jalca de Celendín (tabla 11), esto puede ser debido a que el área en donde se calculó la densidad aún no ha sido disturbada por la minería, ganadería o agricultura, no obstante ser propiedad de empresas mineras. Sin embargo, estas poblaciones se encuentran sujetas a un riesgo inminente de desaparición por efecto de la actividad minera.

#### 4.5.2. Frecuencia y abundancia de las especies del género *Gentianella* y de sus especies acompañantes

##### 4.5.2.1. Frecuencia y abundancia de *Gentianella bicolor* y de sus especies acompañantes

La frecuencia y abundancia, de *G. bicolor* y de sus especies acompañantes se determinó en la comunidad de Huaitorco, ubicada a tres km de la ciudad de la Encañada. El número de especies acompañantes fue dieciocho (tabla 4.7), entre éstas se encontraron especies de porte herbáceo, arbustivo y arbóreo. En los veinte muestreos realizados sobre un área de un m<sup>2</sup> cada uno, se contabilizaron 1164 individuos en total.

*G. bicolor* estuvo presente en cuatro, de un total de veinte muestreos (frecuencia relativa), con ocho individuos. La planta acompañante, que estuvo presente con mayor frecuencia y abundancia, en catorce muestreos con 651 individuos, fue *Schizachyrium sanguineum*, hierba que pertenece a la familia Poaceae. Las especies que siguieron en abundancia fueron: *Bromus lanatus*, *Pennisetum clandestinum* y *Poa brevis* y en frecuencia son: *Baccharis obtusifolia*, *Poa brevis* y *Baccharis hutchisoni* (tabla. 12).

**Tabla 12.** Frecuencia y abundancia de *Gentianella bicolor* y de sus especies acompañantes en el distrito de La Encañada.

Especies acompañantes	Frecuencia		Abundancia	
	Absoluta	Relativa%	Absoluta	Relativa%
<i>Populus sp.</i>	5	6.32	10	0.85
<i>Alternanthera macbridei</i>	4	5.06	11	0.94

<i>Arcytophyllum ericoides</i>	3	3.79	5	0.42
<i>Baccharis hutchisonii</i>	6	7.59	14	1.20
<i>Baccharis salicifolia</i>	4	5.06	4	0.34
<i>Calamagrostis heterophylla</i>	3	3.79	26	2.23
<i>Poa brevis Hitchc.</i>	6	7.59	114	9.79
<i>Achyrocline celosoides</i>	3	3.79	4	0.34
<i>Bromus lanatus</i>	4	5.06	140	12.02
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	14	17.72	651	55.92
<i>Baccharis obtusifolia</i>	6	7.59	12	1.03
<i>Monnina conferta Ruiz</i>	2	2.53	4	0.34
<i>Rubus robustus</i>	3	3.79	3	0.25
<i>Pennisetum clandestinum</i>	2	2.53	130	11.16
<i>Mintostachis mollis</i>	2	2.53	4	0.34
<i>Agave americana</i>	3	3.79	4	0.34
<i>Eucaliptus globulus</i>	2	2.53	2	0.17
<i>Lolium multiflorum</i>	3	3.79	18	1.54
<b><i>Gentianella bicolor</i></b>	<b>4</b>	<b>5.06</b>	<b>8</b>	<b>0.68</b>
	79	100	1164	100

#### 4.5.2.2. Frecuencia y abundancia de *Gentianella graminea* y sus especies acompañantes.

La frecuencia y abundancia de *G. graminea* y sus especies acompañantes, se determinó en la comunidad de Sendamal, distrito de Sorochuco, provincia de Celendín. Se identificaron 31 especies acompañantes, en su mayoría hierbas y algunos arbustos, no se registraron árboles. En los veinte muestreos realizados, de un m<sup>2</sup> de área cada muestreo, se contabilizaron 1164 individuos en total.

*G. graminea* está presente en seis de un total de veinte muestreos (frecuencia relativa), con un total de diez individuos. Las especies acompañantes que se presentaron con mayor frecuencia fueron: *Calamagrostis tarmensis*, *Stipa ichu*, *Paspalum bonplandianus*. Estas especies, forman los extensos pajonales propios de la Jalca. Las especies con mayor abundancia fueron: *Paspalum bonplandianum*, *Werneria nubigena*, *Phyllactis tenuifolia*, todas de porte rastrero (tabla. 13).

**Tabla 13.** Frecuencia y abundancia de *Gentianella graminea* y de sus especies acompañantes en la comunidad de Sendamal, en la Jalca del distrito Sorochuco.

Especie acompañante	Frecuencia		Abundancia	
	Absoluta	Relativa%	Absoluta	Relativa%
<i>Werneria nubigena</i>	6	3.97	280	12.15
<i>Paronychia andina</i>	4	2.64	9	0.39
<i>Chaptalia cordata</i>	4	2.64	12	0.52
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	4	2.64	10	0.43
<i>Valeriana pilosa</i>	7	4.63	30	1.30
<i>Oritrophium peruvianum</i>	4	2.64	13	0.56
<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	3	1.98	11	0.48
<i>Achyrocline alata</i>	4	2.64	9	0.39
<i>Senecio canescens</i>	4	2.65	7	0.30
<i>Cerastium subspicatum</i>	2	1.32	14	0.60
<i>Calamagrostis tarmensis</i>	16	10.59	84	3.61
<i>Bromus lanatus</i>	3	1.99	98	4.25
<i>Pentacalia andicola</i>	2	1.32	4	0.17
<i>Gnaphalium elegans</i>	3	1.98	5	0.21
<i>Achyrocline celosioides</i>	4	2.65	10	0.43
<i>Poa brevis</i>	5	3.31	143	6.21
<i>Stipa ichu</i>	10	4.63	58	2.52
<i>Luciliocline spathulifolia</i>	6	3.97	93	4.04
<i>Ageratina articulata</i>	4	0.02	8	0.35
<i>Alchemilla orbiculata</i>	3	1.98	100	4.34
<i>Hypericum laricifolium</i>	4	2.64	20	0.87
<i>Paranephelium uniflorus</i>	6	3.97	35	1.52
<i>Phyllactis tenuifolia</i>	4	2.64	260	11.29
<i>Pernettya prostrata</i>	5	3.31	11	0.47
<i>Perezia pungens Less.</i>	4	2.64	9	0.39
<i>Paspalum bonplandianum</i>	10	6.62	510	22.14
<i>Lolium multiflorum</i>	4	2.65	76	3.30
<i>Gentiana sedifolia</i>	4	2.65	180	7.81
<i>Chenopodium sericeum</i>	5	3.31	64	2.79
<i>Ageratum. sp</i>	3	1.99	112	4.86
<i>Carex hebetata Boott</i>	3	1.97	18	0.78
<b><i>Gentianella graminea</i></b>	<b>6</b>	<b>2.65</b>	<b>10</b>	<b>0.43</b>
	156	100.00	2303	100

#### 4.5.2.3. Frecuencia y abundancia de *Gentianella dianthoides* y sus especies acompañantes

Los cálculos de la frecuencia y abundancia de *G. dianthoides* se realizaron en la comunidad de Coimolache, cerca de la minera del mismo nombre. Tiene veintiséis especies acompañantes, la mayoría de las cuales son las mismas especies de *Gentianella graminea*. Las plantas acompañantes que se presentaron con mayor frecuencia fueron: *Calamagrostis tarmensis*, *Alchemilla orbiculata*, *Paspalum bonplandianum*. Las especies acompañantes con la mayor abundancia fueron: *Paspalum bonplandianum*, *Alchemilla orbiculata*, *Phyllactis tenuifolia* (tabla 14)

**Tabla 14.** Frecuencia y abundancia de *Gentianella dianthoides* y de sus especies acompañantes en la comunidad de Coimolache, Jalca de Hualgayoc.

Especie acompañante	Frecuencia		Abundancia	
	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)
<i>Valeriana pilosa</i>	3	2.56	6	0.42
<i>Oritrophium peruvianum</i>	1	0.85	8	0.55
<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	4	3.42	3	0.21
<i>Achyrocline alata</i>	2	1.71	6	0.42
<i>Senecio canescens</i>	4	3.42	7	0.48
<i>Calamagrostis tarmensis</i>	12	10.3	76	5.26
<i>Bromus lanatus</i>	5	4.27	45	3.12
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	2	1.71	16	1.11
<i>Pentacalia andicola</i>	1	0.85	2	0.14
<i>Chaptalia cordata</i>	6	5.13	8	0.55
<i>Achyrocline celosioides</i>	4	3.42	14	0.97
<i>Stipa ichu</i>	5	4.27	35	2.42
<i>Paronychia andina</i>	1	0.85	12	0.83
<i>Poa brevis</i>	6	5.13	120	8.31
<i>Paranephelium uniflorus</i>	6	5.13	42	2.91
<i>Phyllactis tenuifolia</i>	4	3.42	140	9.7
<i>Paspalum bonplandianum</i>	8	6.84	450	31.2
<i>Lolium multiflorum</i>	8	6.84	90	6.23
<i>Gentiana sedifolia</i>	2	1.71	30	2.08
<i>Trifolium repens</i>	4	3.42	26	1.8
<i>Chenopodium sericeum</i>	5	4.27	40	2.77
<i>Ageratium. sp</i>	6	5.13	70	4.85
<i>Gentianella dianthoides</i>	3	2.56	7	0.48
	117	100	1444	100

#### 4.5.2.4. Frecuencia y abundancia de *Gentianella crassicaulis* y sus especies acompañantes.

La frecuencia y abundancia, de *G. crassicaulis* y sus especies acompañantes, fue determinada en la comunidad de Sendamal, distrito de Sorochuco, provincia de Celendín. Se encontraron dieciocho especies acompañantes, dentro de las cuales, *Calamagrostis tarmensis*, *Werneria nubigena* y *Paspalum bonplandianum*, fueron las de mayor frecuencia. Las especies que se presentaron con mayor abundancia fueron: *Paspalum bonplandianum*, *werneria nubigena* y *Phyllactis tenuifolia* (tabla 15).

**Tabla 15.** Frecuencia y abundancia de *Gentianella crassicaulis* y de sus especies acompañantes en la comunidad de Sendamal, distrito de Sorochuco provincia de Celendín.

ESPECIE ACOMPAÑANTE	FRECUENCIA		ABUNDANCIA	
	Absoluta	Relativa%	Absoluta	Relativa%
<i>Paspalum bonplandianum</i>	12	10.8	750	42.83
<i>Calamagrostis tarmensis</i>	14	12.6	50	2.85
<i>Paronychia andina</i>	2	1.8	8	0.457
<i>Pentacalia andicola</i>	4	3.6	7	0.4
<i>werneria nubigena</i>	13	11.7	280	15.99
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	2	1.8	4	0.228
<i>Chaptalia cordata</i>	6	5.41	7	0.4
<i>Achyrocline celosioides</i>	7	6.31	10	0.571
<i>Calamagrostis heterophylla</i>	4	3.6	20	1.142
<i>Gnaphalium elegans</i>	2	1.8	3	0.171
<i>Achyrocline alata</i>	2	1.8	5	0.286
<i>Senecio canescens</i>	2	1.8	3	0.171
<i>Alchemilla orbiculata</i>	11	9.91	220	12.56
<i>Paranephelius uniflorus</i>	5	4.5	30	1.71
<i>Phyllactis tenuifolia</i>	6	5.41	230	13.14
<i>Gentiana sedifolia</i>	4	3.6	60	3.42
<i>Chenopodium sericeum</i>	3	2.7	30	1.71
<i>Ageratium. sp</i>	2	1.8	15	0.85
<i>Gentianella crassicaulis</i>	6	5.41	13	0.742
<b>Total</b>	111	100	1751	100

### 4.5.3. Diversidad Alfa ( $D\alpha$ )

El hábitat en que se desarrollan las especies de *Gentianella* en las provincias de Hualgayoc, Cajamarca y Celendín, es variable, inclusive de una especie a otra. *G. graminea*, es la especie con la mayor riqueza específica. En total se contabilizaron 31 especies en los 20 muestreos realizados sobre un área de un metro cuadrado cada uno, esto puede ser atribuido a su mayor capacidad de adaptación a diferentes condiciones topográficas y edáficas. *G. bicolor* es la especie con menor riqueza específica de con 18 especies, lo cual puede ser debido a su desarrollo en suecos secos y pedregosos que generan condiciones estresantes para la especie en estudio.

El índice Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sea de la misma especie, y su valor varía de 0 a 1. Bajo este concepto, las especies de *Gentianella*, que se encuentran en la Jalca (*G. graminea*, *G. crassicaulis* y *G. dianthoides*) son las especies cuyos hábitats tienen el menor valor del índice de Simpson (tabla 16), ya que en el medio donde se desarrollan, hay algunas especies que predominan en cantidad de individuos, dentro de estas podemos destacar *calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum* y *Stipa ichu*. El hábitat de *Gentianella bicolor* es un poco más homogéneo en cuanto se refiere a abundancia de especies, aunque, hay una especie que sobresale (*Schizachyrium sanguineum*).

El índice de Shannon- Wiener correspondiente al hábitat de las especies de *Gentianella*, varía en rango de una especie a otra, mientras se acerque más al rango mayor, mayor será la diversidad, presente en el espacio en que se desarrollan. Considerando los valores obtenidos se puede decir que son zonas de mediana diversidad (tabla 16).

**Tabla 16.** Índices de la diversidad alfa de las *Gentianellas* en cuatro lugares: Jalca de Celendín (*G. graminea* y *Gentianella crassicaulis*), La Encañada (*Gentianella bicolor*), Jalca de Hualgayoc (*Gentianella dianthoides*).

ESPECIE	RIQUEZA ESPECÍFICA A	SIMPSON $\lambda = \Sigma pi^2$	Rango	SHANNON-WIENER $H' = -\Sigma pi \ln pi$	Rango
<i>G. graminea</i>	31	0.30	0- 0.97	2.70	0- 3.4
<i>G. crassicaulis</i>	18	0.25	0- 0.94	1.82	0- 2.90
<i>G. dianthoides</i>	26	0.17	0- 0.96	2.30	0- 3.25
<i>G. bicolor</i>	16	0.35	0- 0.94	1.60	0- 2.90

#### 4.6. Rendimiento de materia seca de las especies de *Gentianella* en Hualgayoc, Celendín y Cajamarca.

##### 4.6.1. Materia seca de *Gentianella crassicaulis*.

Debido a que *G. crassicaulis* es la especie de mayor tamaño y con órganos bien diferenciados, se determinó la materia seca de cuatro partes de la planta: raíz, hojas, tallo y flores (figura 27).



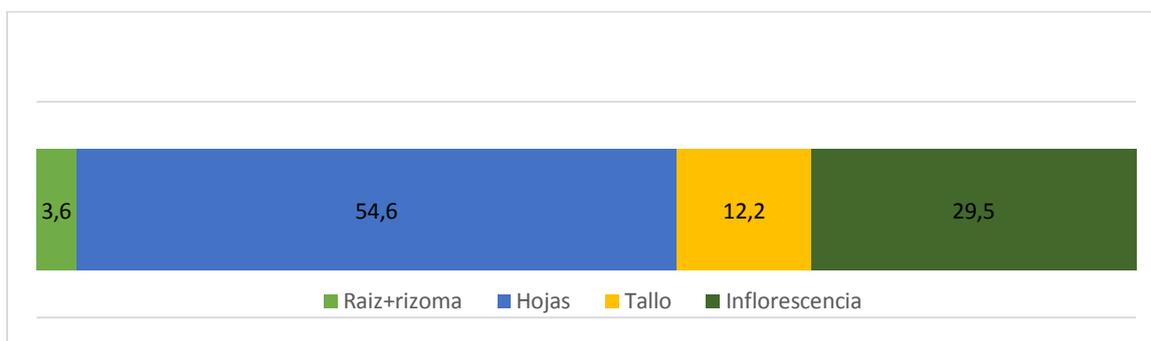
**Figura 27.** Partes de *Gentianella crassicaulis* que se determinó la materia seca.

Una planta de *G. crassicaulis*, en estado fresco pesa en promedio 159.3 g y en estado seco 44.1 g, este valor representa el 27.7 % del estado fresco, yendo de 22.5 a 36.4 %. Esta variabilidad se explica porque fueron matas silvestres de edad desconocida. La distribución de esta materia seca a los órganos de la mata (figura 4.28) fue altamente variable, entre órganos y entre matas. Este comportamiento permite la posibilidad de seleccionar materiales más productivos. En la tabla 17, se muestra los máximos, mínimos de cada parte de *G. crassicaulis*.

**Tabla 17.** Valores de la asignación de la materia seca a los órganos de la planta *Gentianella crassicaulis* de al estado silvestre y porcentaje de materia en seca con relación a la materia fresca.

Órgano	Mínimo		Máximo		Promedio		M.S En relación con la M.F
	g	%	g	%	g	%	%
Raíz	0.5	6.25	6.1	6.60	1.6	3.60	33.80
Hojas	5.2	6.5	24.3	26.3	24.1	54.60	27.30
Tallo	0.6	7.5	17.0	18.40	5.4	12.24	26.70
Inflorescencia	1.7	21.25	45.0	48.70	13.0	29.50	25.17
Total	8	100	92.4	100	44.1	100	

La materia seca de *G. crassicaulis* se divide de la siguiente manera: raíz 3.62%, hojas 54.64%, 12.24%, 29.50%.



**Figura 28.** Asignación de la materia seca a los órganos de la mata de *Gentianella crassicaulis* al estado silvestre

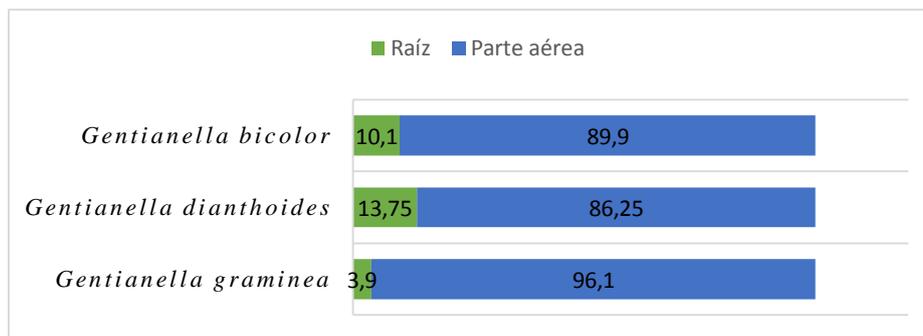
#### 4.6.2. Materia seca de *G. bicolor*, *G. dianthoides* y *G. graminea*.

Dichas especies de *Gentianella* son pequeñas con pesos bajos en materia seca. *Gentianella bicolor* registró un peso fresco y peso seco promedio de 9.32 y 2.78 g, respectivamente. *G. dianthoides* tuvo pesos frescos y secos promedio de 9.9 y 3.2 g, respectivamente; y, *G. graminea*, pesos frescos y seco promedio de 26.8 y 8.51g, respectivamente (tabla 18).

**Tabla 18.** Materia seca de *Gentianella bicolor*, *Gentianella dianthoides* y *Gentianella graminea*, g por planta, y porcentaje de materia en seca con relación a la materia fresca.

Especie	Órgano	Mínimo		Máximo		Promedio		M.S En relación con la M.F
		g	%	g	%	g	%	%
<i>G. bicolor</i>	Raíz	0.1	11.1	1.2	16.7	0.28	10.1	40.2
	Parte aérea	0.8	88.9	6	83.3	2.5	89.9	28.4
	Total	0.9	100	7.2	100	<b>2.78</b>	100	X total :29.80
<i>G. dianthoides</i>	Raíz	0.1	16.7	1.1	12.2	0.44	13.75	37.4
	Parte aérea	0.5	83.3	7.9	87.8	2.76	86.25	31.6
	Total	0.6	100	9.0	100	<b>3.2</b>	100	X total: 32.30
<i>G. graminea</i>	Raíz	0.1	3.2	0.7	4.5	0.33	3.9	33.5
	Parte aérea	3.1	96.8	14.7	95.5	8.18	96.1	30.4
	Total	3.2	100	15.4	100	<b>8.51</b>	100	X total: 31.70

La alta variabilidad de la materia seca de las especies de *Gentianella* en estudio se explica porque fueron plantas silvestres de edad desconocida. La distribución de esta materia seca a la parte aérea y subterránea (figura 29) fue altamente variable, entre plantas. Este comportamiento permite la posibilidad de seleccionar materiales más productivos.



**Figura 29.** Distribución del % de materia seca de *Gentianella bicolor*, *Gentianella dianthoides*, *Gentianella graminea*.

## 5. Contenido de catequina en las especies de *Gentianella* de las provincias de Hualgayoc, Cajamarca y Celendín.

El contenido de catequina en las especies de *Gentianella* varía en función a la concentración de alcohol etílico utilizado para su extracción. En *Gentianella graminea*, la mayor concentración de catequina se obtuvo alcohol etílico al 95% de concentración: 13.3 mg de catequina por cada gramo de materia seca (tabla 19).

**Tabla 19.** Contenido de catequina (mg de catequina por g de materia seca de *Gentianella*), a 95-80-50% de alcohol y su desviación estándar(ST).

Especie	95%	ST	80%	ST	50%	ST
<i>Gentianella graminea</i>	<b>13.3333</b>	1.0952	6.2058	0.6234	5.3026	0.6664
<i>Gentianella dianthoides</i>	<b>11.3920</b>	0.5850	11.0289	0.4481	6.1592	1.1526
<i>Gentianella crassicaulis</i>	<b>11.3454</b>	0.7576	8.4358	0.5696	5.6448	0.4911
<i>Gentianella bicolor</i>	<b>6.2058</b>	0.3573	5.5656	0.2098	3.0028	0.1412

En la tabla 20, se muestra la concentración de catequina en las especies de *Gentianella* y de otros vegetales. Prat (2011) determinó la concentración de catequina en el “té negro” *Camellia sinensis*, siendo éste la especie con la mayor concentración de catequina 15.3 mg de catequina por g de materia seca. El “te negro”, es el vegetal que más se ha estudiado

justamente por la concentración de sus catequinas y su efecto en la salud, seguida en concentración por *G. graminea*, cacao al estado natural, *G. dianthoides*, *G. crassicaulis* y *bicolor*, especies con importante concentración de catequina y poco estudiadas (tabla 20).

**Tabla 20.** Concentraciones de catequina en las especies de *Gentianella* y de otros vegetales (descendente).

Especie	mg catequina ×g de materia seca	Fuente
Té negro ( <i>Camellia sinensis</i> )	15.3	(Prat 2011)
<b><i>Gentianella graminea</i></b>	<b>13.33</b>	<b>(Silva 2019)</b>
Cacao al estado natural ( <i>Theobroma cacao</i> )	12.7	(Gil 2012)
<b><i>Gentianella dianthoides</i></b>	<b>11.39</b>	<b>(Silva 2019)</b>
<b><i>Gentianella crassicaulis</i></b>	<b>11.34</b>	<b>(Silva 2019)</b>
<b><i>Gentianella bicolor</i></b>	<b>6.20</b>	<b>(Silva 2019)</b>
Cacao industrializado ( <i>Theobroma cacao</i> )	1.50	(Gil 2012)
Zarzamora ( <i>Rubus fruticosus</i> )	2.56	(Perez?)
Arándano ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	0.40	(Garrido 2014)
Manzana ( <i>Pyrus malus L.</i> )	2.90	(Palomo et al 2010)
Fresa ( <i>Fragaria vesca</i> )	0.80	(Perez,?)
Vino tinto	6,8 mg/100 ml	(Fuente 2014)
Vino blanco	1,0 mg/100 ml	(Fuente 2014)

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En los distritos de Sucre, Sorochuco y Huasmín, provincia de Celendín, las poblaciones naturales de *Gentianella graminea*, *Gentianella dianthoides* y *Gentianella crassicaulis*, se encuentran amenazadas por la ganadería, agricultura y el biocomercio. En la Jalca de Hualgayoc, las poblaciones de *Gentianella graminea* y *Gentianella dianthoides*, se encuentran principalmente amenazadas por la actividad minera. En los distritos de Jesús, Namora y la Encañada, provincia de Cajamarca *Gentianella bicolor*, se encuentra amenazada por la forestación.
2. *Gentianella graminea*, *Gentianella dianthoides* y *Gentianella crassicaulis*, son especies que se desarrollan en las regiones jalca, entre los 3600 y 4100 msnm, en suelos con alto contenido de materia orgánica, reacción acida y precipitación variable según la estación. *Gentianella bicolor*, se desarrolla en la región quechua entre los 2700 y 3200 msnm, con temperaturas y precipitaciones medias, en suelos secos y pedregosos.
3. Las especies identificadas de *Gentianella* tienen un ciclo vida (fenología) semejante. Vegetan en los meses de mayor precipitación y altas temperaturas (noviembre a abril) y cumplen con su fase reproductiva en los meses de menor precipitación (mayo a octubre).
4. Las plantas de las especies de *Gentianella graminea*, *Gentianella dianthoides* y *Gentianella crassicaulis*, viven en el pajonal, principalmente asociadas con *Calamagrostis tarmensis*, *paspalum lindemutianum* y *Stipa Ichu*. A diferencia de ellas, *Gentianella bicolor* está asociada con mayor frecuencia con *Schizachyrium sanguineum*.

5. *Gentianella graminea*, tiene mayor densidad en la Jalca de Celendín (3.2 plantas por metro cuadrado) y, la menor densidad, en la Jalca de Chetilla (1.5 plantas por metro cuadrado). *Gentianella dianthoides*, tiene mayor densidad en la Jalca de Coymolache (3.4 plantas por metro cuadrado) y menor densidad en la Jalca de Cumulca (1.4 plantas por metro cuadrado). La densidad de *Gentianella crassicaulis* se determinó de un solo lugar de la Jalca de Cumulca (1.4 plantas por metro cuadrado), mientras que la correspondiente a *Gentianella bicolor*, se determinó en cuatro lugares, siendo mayor en La encañada (2.4 plantas por metro cuadrado).
6. Los pesos frescos y seco promedio de *Gentianella crassicaulis*, *Gentianella graminea*, *Gentianella dianthoides* y *Gentianella bicolor* fueron de 159.3 y 44.1 g., 22.8 y 8.51 g., 9.9 y 3.2g; y, 9.32 y 2.78 g., respectivamente.
7. La mayor concentración de catequina se obtuvo en *Gentianella graminea* (13.3mg de catequina \* g materia seca), seguida por *Gentianella dianthoides* (11.39 de catequina \* g materia seca), *Gentianella crassicaulis* (11.34 de catequina \* g materia seca) y *Gentianella bicolor* (6.20 mg de catequina \* g materia seca).

## CAPÍTULO VI

### LITERATURA CITADA

- Agapito, T; Sung, I. 1998. Fitomedicina: 1100 Plantas medicinales. Lima, Perú, Isabel. 90 p.
- Bermúdez, L. 2015. EVALUACION FITOQUIMICA Y COMPARACION DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE EXTRACTOS ACUOSOS DE *Gentianella bicolor* (Wedd.) Fabris ex J.S. Pringle, *Gentianella nitida*, *Gentianella chamuchui* y *Smallanthus sonchifolius* en *Rattus rattus*. Tesis. Ms. Ciencias Biomédicas. Trujillo, Perú, UNT.81 p.
- Bermúdez, L; Huamán, J. 2015. Evaluación del efecto hipoglucemiante de *Gentianella bicolor* “Corpus huay”, *Gentianella nitida* “Hercampuri” y *Gentianella chamuchui* “Genciana” en *Rattus rattus*. Revista Ciencia y Tecnología, 11 (2), 93 - 103.
- Baltodano, E. 2011. Efecto del decocto de *Gentianella alborosea* “Hercampuri” Sobre niveles séricos de proteínas totales y albumina *Rattus norvegicus var. albinus*. Tesis Bach. Farmacia y Bioquímica. Trujillo, Perú, UNT. 37 p.
- Bussmann, RW; Sharon, D. 2006. Traditional medicinal plant use in Northern Peru: tracking two thousand years of healing culture. *Ethnobiology and Ethnomedicine* 47(2): 1-18p.
- Brako, L; Zarucchi, JL. 1993. Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. Monografías en botánica sistemática. **Missouri Bot Gard**.1159-1164.
- Bruna, P; Takeuchi, P; Vannucchi, H. 2018. Efecto del resveratrol, la catequina y el gingerol en la obesidad; evidencias incompletas. *Nutrición Clínica Médica*. Vol. XII - Número 1 - 2018 pp. 37-46.
- Carbonel, K. 2017. Efecto hepatoprotector del extracto acuoso de *Gentianella nitida* en un modelo experimental inducido por paracetamol. Tesis Mg. Sc en bioquímica. Lima, Perú, UNMSM .98 p.
- Carbonel, K; Suárez, S; Arnao, A. 2016. Características fisicoquímicas y capacidad antioxidante in vitro del extracto de *Gentianella nitida*. *Anales de la Facultad de Medicina*, Lima, Perú. UNMSM. Vol. 77, núm. 4, 2016, pp. 333-337.

- Castillo, S; Salinas, N; León, B; Sánchez, S. 2006. Gentianaceae endémicas del Perú. El libro rojo de las plantas endémicas del Perú Ed. Blanca León et al. © Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM Rev. Perú. biol. Número especial 13(2): 339s - 354s.
- Ferriol, M; Merle, H; 2001. Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales.
- Fuente, L. 2014. Estudio de la capacidad antioxidante de los polifenoles del vino y sus aplicaciones biológico-preventivas. Tesis. Biotecnología. Villaviciosa de Odón. Universidad Europea. 38.p.
- Garrido, V. 2014. Arándano rojo I (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 100-112.
- Gil, J. Estabilidad y actividad antioxidante de catequinas presentes en catequinas presentes en cacao colombiano durante los procesos de pre industrialización. Tesis. MSc. Ciencias Farmacéuticas. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia. 119 p.
- Herrera, P. Efecto de la asociación de ajo (*Allium sativum*) y hercampuri (*Gentianella nitida*) en cápsulas sobre el perfil lipídico en el personal oficial con riesgo cardiovascular de la XI DITERPOL Hospital Regional de Arequipa Julio Pinto Manrique. Arequipa 2013". Tesis Bach. Farmacia y Bioquímica. Arequipa, Perú, UCSM. 37 p.
- Huamán, J; Torres, G; García, J; 2015. Efecto del consumo de *Gentianella bicolor* o "Corpus Huay" sobre la tolerancia oral a la glucosa y el perfil lipídico en adultos jóvenes. Tesis Bach. Farmacia y Bioquímica. Trujillo, Perú, UNT. 18 p.
- León, B.; Roque, J.; Ulloa, C.; Jorgenson, P.M.; Pitman, N. & Cano, A. (Eds.). 2006. El libro rojo de las plantas endémicas el Perú. Revista peruana de biología 13 (2). Número especial. 971 p.
- Montoya, J. 2014. Inventario de plantas medicinales, aromáticas y tintóreas en la jalca de Cajamarca. Tesis Ing. agrónomo. Cajamarca, Perú, UNC. 134p.
- MURBECK, S. 1982. Género *Gentianella*. En Acta Horti Bergiani 2(3): 1-30 (1892); N.M.

- Palomo, I; Moore-Carrasco, R; Quilodrán, A; Neira, A.2010. El consumo de manzanas contribuye a prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer: antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción. Rev. Chil Nutr Vol. 37, N°3, 377-3784 p.
- Peñarrieta, J. Mauricio; Tejeda, Leslie; Mollinedo, Patricia; Vila, José L.; Bravo, José A. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos Revista Boliviana de Química, vol. 31, núm. 2, julio-diciembre, 2014, pp. 68-81 Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia.
- Pérez, D.? Extracción de flavonoides del orujo y escobillón de uva (*Vitis vinífera*). Tesis Ing. Agroindustrial. Potosí, Bolivia. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 36 p.
- Prat Kricun, S. D.2011. Contenido de catequinas en cultivares argentinos de té (*Camellia sinensis*), elaborados como té negro RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 37, núm. 1, abril, 2011, pp. 37-45 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez, J; Almeida, S. 2009. Evaluación del potencial genotóxico de cinco especies medicinales de uso popular en el Perú. Tesis Químico Farmacéutico. Iquitos, Perú, UNAP. 117 p.
- Sanabria, D. 2014. Caracterización e identificación de la vegetación, en las áreas de Jalca (Cuenca de los Ríos Chetilla y Ronquillo). Tesis Ing. agrónomo. Cajamarca, Perú, UNC. 134p.
- Sánchez, I. 2014. Plantas medicinales en los páramos de Cajamarca. Avances en investigación para la conservación de los parámetros andinos, CONDENSAN. 175-194 p.
- Salazar, J. 2003. Contribución al estudio químico y farmacológico de la *Gentianella umbellata* (G. Don) Fabris. Tesis Mg. Química. Lima, Perú, PUCP. 119 p.
- Seminario, A; Sánchez, I. 2010. Estado y factores de riesgo de la diversidad de especies vegetales medicinales en el centro poblado de Combayo. **Fiat lux** 6:23-34.
- Seminario, A; Escalante, B. 2016. Potencial de la flora medicinal con fines de conservación en el distrito de la encañada- Cajamarca. **Fiat lux** .